372
فبراير
2010

عالم المعرفة

لماذا العلم؟

تأليف: جيمس تريفيل

ترجمة: شوقي جلال

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

عالم المعرفة

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923-1990

372

لماذا العلم؟

تأليف: جيمس تريفيل

ترجمة: شوقي جلال

فبراير 2010

عالم المعرفة

سلسلة شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

التنضيد والإخراج والتنفيذ
وحدة الإنتاج
في المجلس الوطني

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د.ك
للمؤسسات	25 د.ك

دول الخليج

للأفراد	17 د.ك
للمؤسسات	30 د.ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 28613 - الصفاة
الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: 22431704 (965)
فاكس: 22431229 (965)
www.kuwaitculture.org.kw

ISBN 978 - 99906 - 0 - 301 - 9

رقم الإيداع (2010/019)

العنوان الأصلي للكتاب

Why Science?

by

James Trefil

Teachers College Press
& NSTA Press 2008.

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

صفر 1431 هـ ـ فبراير 2010

المحتوى

مقدمة المترجم

غربة العلم والمستقبل في حياتنا

«... ثقافة الموقف تخوض غمار لجج نهر الحياة الصاخب الدافق، تتجدد وتتغير، وتبني وتتحدى وتستجيب، تأسيسا على الفهم والوعي والعقل الحر الناقد الفعال، إنها إبداع الحياة وصناعة التاريخ»

المترجم

لأي هدف نَجِدُّ في حياتنا؟ هل نتحلى بجرأة العودة بفكر منهجي عملي إلى الذات والمراجعة النقدية للدور والفعل والفكر - إن وُجدت - في التاريخ وفي الواقع الحالي استشرافا لمستقبل ما؟ ما المؤشرات في حياتنا ذات الصدقية التي تؤكد، أو تشير من بعيد، إلى أننا نستوعب روح العصر، وهو العلم، وأننا على الطريق نحو مستقبل مرسوم بإرادتنا؟ ما الفكر وما الفعل الاجتماعيان اللذان يكفلان لنا المنافسة والتحدي في الماراثون الحضاري، خصوصا بعد أن تكثف الزمان والمكان عالميا بحكم ثورة الاتصالات، وأصبح العالم كله يسابق ويصارع بروح العلم والتكنولوجيا والعقل العلمي في ساحة محدودة ومكشوفة توصف بالقرية، بعد

أن كانت - حتى بضعة عقود - عالما فسيحا غير متناهي الأبعاد، يضم شعوبا لا يعرف بعضها عن بعض كثيرا أو قليلا.

إنني، عند النظر إلى المجتمعات، أمايز بين حالين: الوجود والبقاء... الوجود مشروع إرادي قائم على الفكر والفعل الاجتماعيين معا، تأسيسا على أعلى مستوى لإنجازات حضارة العصر. والبقاء هو حياة الاطراد العشوائي... اطراد عاطل من فعل الإبداع والتجديد... امتداد متجانس في المكان بغير زمان، حيث لا تغيير.

ولهذا قلت فيما سبق (*)، المجتمعات، أو لنقل الثقافات الاجتماعية، صنفان، والتصنيف ليس قدرا أبديا، وإنما السيادة والغلبة لهذا أو ذاك رهن شروط وجودية للنهوض أو الانحسار. أقول صنفان هما: ثقافة الوضع، وثقافة الموقف. ثقافة الوضع قانعة بحالها، راضية برصيدها التاريخي الموروث... والمعرفة عندها، أو قل العلم الأسمى، لا يتجاوز حدود تأمل هذا الرصيد وأقوال الأولين، والأمل عود على بدء... ومن ثم عزوف عن الإبداع والتجديد... والزمان امتداد متجانس، فارغ من الأحداث، إلا الحدث الأول والأهم فهو بداية التاريخ وغايته.

وثقافة الموقف إرادة واختيار، والإرادة فعل، والاختيار وعي عقلاني وعزم على التغيير والتجديد، وفهم لمجريات الأحداث والظواهر، وتراكم متجدد متطور لرصيد المعلومات والمعارف، ومن ثم تطور وارتقاء مطرد للهوية الثقافية التي هي عين الفعل الاجتماعي النشط في الزمان، وليس السكون والبحث عن هوية مجهولة في غيابات التاريخ.

ثقافة الوضع تقف على قارعة طريق الحياة، تتأملها تجليات لإرادة من خارجها، وثقافة الموقف تخوض غمار لجج نهر الحياة الصاخب الدافق، تتجدد وتتغير، وتبني وتتحدى وتستجيب، تأسيسا على الفهم والوعي والعقل الحر الناقد الفعّال، إنها إبداع الحياة وصناعة التاريخ.

والآن، وقد أصبح العلم والتكنولوجيا - بعد أن بلغا مرحليا ذروة تاريخية فاصلة - أداة صناعة الوجود وبناء المستقبل، وموضوع الصراع والمنافسة والتعاون في آن بين شعوب العالم؛ وأصبحا كذلك محور المراجعة الذاتية

(*) شوقي جلال، الترجمة في العالم العربي: الواقع والتحدي - ط2، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة، 2004.

لمن شــاء الحفاظ على موضع الصدارة أو اكتساب القدرة على اللحاق في الماراثون الحضاري، وتأســيس حياة إنســانية كريمة للشعوب تمثل دعامة ومضمون الانتماء... ومن هنا آثرنا تقديم هذا الكتاب لنرى أنفســنا بعقل نقدي في مرآة الآخر.

* * *

ولكــن لماذا العلم؟ لمــاذا الفهم المعرفي العلمي؟ ولمــاذا الإنجاز البحثي العلمي ضرورة حياة؟ ولماذا الثقافة العلمية كثقافة عامة؟ لماذا محو الأمية العلميــة؟ وهذا هو ما نراه الســؤال الأكثر إلحاحــا ودلالة في مجتمعات عجزت عن أن تمحو بالكامل الأمية الأبجدية لشعوبها، فضلا عن ضرورة محو الأمية العلمية والأمية الحاسوبية أو الرقمية.

ليس العلم مجرد اكتســاب معلومات علمية أو حيازة ذهنية لمعلومات وحيــازة مادية لتكنولوجيا، ولكن العلم الــذي يمثل الآن روح العصر، هو منهج في فهم ودراســة الواقع اعتمــادا على العقل الناقد بهدف التدخل التجريبــي للتغييــر. والعلم هنا أبنيــة معرفية نســقية... العلم ظاهرة اجتماعية ثقافية، وذلك باعتباره نســقا معرفيا متحدا مع بنية وأنشطة المجتمــع. إنه ليــس معارف متفرقة، بــل منهج موظف فــي خدمة بنية المجتمع يعمل على تماســكها واطراد تقدمها، ومواجهة تحدياتها ورســم معالم مســتقبلها. ولهذا هو مؤسســة اجتماعية وعنصــر حضاري، أي ركيزة البناء الحضاري.

وروح العصــر هي المعرفة العلمية النســقية التي هــي نمط خاص من علاقــة الوجود الإنســاني بالطبيعــة وبالنفس وبالمجتمــع... علاقة النظر والنظرية... صياغة قوانين وقواعد تكشــف عن اطراد الظاهرة وتحولاتها، والإجابة عن الســبب والكيف والقدرة على التنبؤ والإفادة العلمية بذلك في الحيــاة الاجتماعيــة. والتفكير العلمي المنهجي، أو ثقافــة العلم، هي ثقافة نهمــة إلى المعرفة أو مغامرة المعرفة. التفكيــر العلمي مدفوع بقوته الذاتية وبإنجازاتــه إلى المزيد. إنه نقيض ثقافــة الاكتفاء الذاتي أو ثقافة الحقيقة المطلقــة التي تقتل الفضول المعرفي وتعتمد التفكير الاختزالي برد الظواهر إلى علل خارجها، ومن ثم يســتحيل على المرء والمجتمع التحكم في شــؤون

حياته. وثقافة العلم هي ثقافة التغيير، تغيير العالم عن وعي وإرادة، وليس مجرد فهمه أو تأمله أو فك طلاسمه أو النظر إلى الظواهر باعتبارها إعجازا. لذلك هي ثقافة قوة الإنسان وتمكينه والثقة بالنفس، والقدرة على البحث والابتكار والتحدي والتغيير ورسم المستقبل. وثقافة العلم هي ثقافة الإيمان بقيمة الإنسانية، وبناء الإنسان، لذا هي ثقافة الديموقراطية.

والعلم أداة تحقيق الذات عن وعي ثقافيا واقتصاديا وسياسيا، وأداة الدفاع عن النفس وكفالة الأمن والانتصار في صراع الوجود... هو أداتنا للتعبير عن الهوية وتأكيد أصالتها بعيدا عن تهويمات أيديولوجية، لأن الهوية في جوهرها فعل الذات الواعية... فعل إنجاز «النحن» المجتمعية في الاستجابة للتحديات بلغة وقدرات حضارة العصر، وبذا تدعم الانتماء وترسخ عوامل تلاحم بنية المجتمع.

السؤال الأبدي الذي نكرره، أجيالا وراء أجيال: لماذا تخلفنا وتقدم غيرنا؟ والإجابة يسيرة... السبب غربة العلم في حياتنا وغربة المستقبل أو غيابه عن إرادتنا.

نعاني أعراضا مزمنة هي بيت الداء حضاريا... نجملها فيما يلي:

- غياب قيمة مغامرة المعرفة واكتشاف المجهول وحرية السؤال والبحث وحق الاختلاف، وأن التنوع إثراء للفكر وازدهار حضاري... وهي قيمة يجري غرسها من خلال التنشئة الاجتماعية والتنشئة التعليمية في المدرسة لتصنع مناخا عاما.
- غياب سياسة علم وتعليم تحقق للمجتمع، بفضل ومن خلال مواطنيه، أهلية الاندماج والتكامل مع الشبكة العالمية للإنجاز العلمي والتكنولوجي وامتلاك قدرة تحقيق المصير والأمن القومي وإرادة الفعل.
- هجرة الباحثين العلميين إلى الخارج، حيث يجدون ذواتهم في الفرص المتاحة للتعبير عن قدراتهم واستثمارها بدلا من حياة الغربة في الوطن.
- غياب الحداثة كرؤية وهدف مرسوم، ومن ثم غياب آليات التحديث في كل أنشطة المجتمع، وغياب الإيمان بأن التحديث في صورته المتكاملة، أعني حضارة الصناعة ومجتمع المعرفة، هما

السبيل لعلاج أمراضنا. ولكن تعيش المجتمعات العربية مسيرة اقتصاد الريع، وهو نقيض حضارة الصناعة ومجتمع المعرفة. إذ غير خافية طبيعة الرابطة العضوية المكثفة بين الإنتاج الصناعي والبحث العلمي، وإنتاج المعرفة ومقتضيات ذلك سياسيا واجتماعيا وتعليميا... إلخ.

● تعاني المجتمعات العربية من غياب التمويل اللازم للبحث العلمي والتطوير، وتكفي الإشارة إلى أن ما تخصصه في هذا المجال لا يزيد على ٠,٥ في المائة من إجمالي الناتج القومي، بينما هو في البلدان الناهضة والمتقدمة يتراوح بين ٢,٥ في المائة و٣ في المائة. وغير خاف أن طبيعة البحث العلمي الآن شديدة التعقد فضلا عن أنه يمثل شراكة كوكبية تعبر عنه علاقات عضوية بين الأكاديميات والجامعات وبين العلماء كأفراد أو المؤتمرات أو النشرات العلمية.

● غياب علاقات التفاعل مع العالم الخارجي المتقدم، وهي آلية الاطلاع على الجديد والمساهمة في الإنجاز والمشاركة العضوية والتطوير لنوعية المنتج وتطوير الفكر.

● غياب التعاون العلمي بين البلدان العربية على الرغم من إدراك المسؤولين لأهمية هذا التعاون. وسبق انعقاد مؤتمر في الرباط العام ١٩٧٦ برعاية ألكسو، وقرر المسؤولون اعتماد ٥٠٠ مليون دولار لأغراض البحث والتعاون ولكن لم يتحقق شيء.

● غياب الإحصائيات الموثقة عما يمكن أن نسميه النشاط العلمي العربي... بل وغياب الإحصائيات الموثقة عن الأنشطة الاجتماعية، وغياب حق الحصول على المعلومات إن وجدت، بينما هي قاعدة البحث العلمي الجاد وأساس لتحديد صورة الواقع ورسم صورة المستقبل.

● ارتفاع نسبة الأمية الأبجدية في عديد من المجتمعات العربية وشيوع الأمية الثقافية العلمية والأمية الحاسوبية، وهو ما يعني غياب المواطن، القيمة والدور والفعل، وغياب الثقافة التي تؤهله ليكون فاعلا ومشاركا إيجابيا بفضل الثقافة العلمية، أي بفضل

الفهـــم العلمي لقضايـــا الإنســـان، المجتمع، الطبيعـــة والكون من حولنا، وكما يقول المؤلف: «تعليم العلم يهدف إلى تحســـين الرصيد القومي من المواطنين ذوي الكفاءة والأهلية لممارسة الديموقراطية، ومناقشـــة القضايـــا القومية، تأسيســـا على فهم علمـــي للقضايا والعالـــم من حولنا. الديموقراطية لا تســـتقيم في مجتمع تســـوده أمية علمية، بينما نواجه قضايا قومية وعالمية تكتسب، أكثر فأكثر، أبعادا علمية وتقنية... والســـؤال: كيف نخلق مواطنين قادرين على ممارســـة حقهم الديموقراطي بكفاءة، والمشاركة الإيجابية الواعية بفضل الثقافة العلمية؟

وحري بنا أن ندرك أن ثقافة العلم لا تنشـــأ ولا تســـود لتمثل مناخا عاما إلا في مجتمع منتج للعلم، هو وطن للعلم، ومن ثم تكون ثقافة العلم عامل دعم وحفز نحو المزيد... المزيد من الإنجاز، والمزيد من الاســـتمتاع بالحياة، من حيث الفهم لظواهر الحياة، والفهم لقواعد إدارة الحياة.

شوقي جلال

القاهرة - 2009

تصدير

الثقافة العلمية

«إنني أعرّف الثقافة العلمية أو «محو الأمية الثقافية العلمية»، بأنها مجال المعارف اللازمة لكي نفهم على نحو جيد وكاف ما يتعلق بالكون الطبيعي بحيث يتسنى لنا التعامل مع قضايا تعترض أفق المواطن العادي...»
المؤلف

هذا كتاب عن تعليم العلم، وأيضا، وبصراحة أكبر، عن الجانب الخاص بتعليم العلم، ويُعنى بمن لم يكن هدفهم مستقبلا الاشتغال بالعلم. ونعرف أن الأغلبية العظمي من المعلمين ركزوا انتباههم تاريخيا على اكتشاف سبل تحسين الرصيد القومي من ذوي الكفاءة والأهلية التقنية من الرجال والنساء على السواء. وإنه لهدف قيم ومهم. بيد أننا اليوم نواجه قضايا قومية تكتسب، أكثر فأكثر باطراد، أبعادا علمية وتقنية. لهذا سوف نسرع في توجيه اهتمامنا إلى قضية تدور حول الكيفية التي نمضي بها لكي نخلق مواطنين يتحلون، في المتوسط العام، بمعارف علمية كافية تمكنهم من المشاركة في الحوارات العامة بطريقة فاعلة ومفيدة. معنى هذا، بلغة هذا الكتاب، أننا سنحاول إنتاج مواطنين لهم ثقافة علمية.

وهذا موضوع مركب. سـوف أبدأ في الفصل الأول بمناقشة أساسية لطبيعـة العلم ـ ما هي؟ ولعل الأهم أيضا: ما طبيعة الثقافة التي ليسـت علمـا؟ وحين يتوافـر للقارئ فهم للطريقـة المثمرة التـي يحقق بها هذا الجهد الفكـري الهدف المقصود نتحول إلى المهمـة الأولى، وهي: تعريف الثقافـة العلمية، أو لنقـل محو الأمية العلمية. وأتناول هذه المسـألة في الفصل الثاني في سـياق أعم وأوسع يتمثل فيما يسمى سياق «محو الأمية الثقافيـة»: مجموع المعارف التي يفترض المتعلمـون في وقت بعينه وزمان بعينه أن غيرهم على علم بها. وسـوف نـرى في هذا المخطط أن الثقافة العلميـة أو محو الأمية الثقافية العلمية هـي تحصيل المعارف الأولية عن العلـم والتي يحتاج إليها المواطن العادي لكي يسـهم بـدور في الحوارات العامـة التي أضحت ضرورية جدا في المجتمع الديموقراطي. وإذا شـئنا مثالا معياريا على هذا نقول إن شـخصا ما يرغب في المشاركة في الجدل الراهن بشأن استخدام الخلايا الجذعية الجنينية يكون بحاجة إلى معرفة كثيـر عن البيولوجيا لكي يفهم ما الخليـة الجذعية، وما معنى جنين، وما إيجابيات وسـلبيات اسـتخدام الخلايا الجذعية الجنينية. ويمكن تقديم عديد من المعارف الأساسـية المماثلة الخاصـة بأي حوار عام يتناول أحد المكونـات العلمية والتكنولوجية. ومن ثـم فإنني، توخيا للوفاء بالهدف من هذا الكتاب، أعرّف الثقافـة العلمية أو محو الأمية الثقافية العلمية بأنها مجـال المعـارف اللازمة لكي نفهم على نحو جيـد وكافٍ ما يتعلق بالكون الطبيعي بحيث يتسـنى لنا التعامل مع قضايا تعترض أفقَ المواطن العادي سواء في مجال الأنباء أو أي مجال آخر.

بعد أن أفرغ من تعريف محو الأمية الثقافية العلمية سـأبدأ في تناول الفصول الثلاثة الأخرى لعرض حجج للإبانة عن أسـباب أهميتها. وأعمد في الفصل الثالث إلى التوسـع في الدراسـة المعروضة آنفا، والتي توضح أن المواطنين يلزمهم عمليا هذا النوع من المعارف للمشـاركة الإيجابية في مجتمـع ديموقراطي. وأضع عنوانا منطوقـه «برهان من حياة المواطنين». وأوضـح في الفصل الرابع أن العلم أحد المكونـات المهمة للثقافة، ويتعين أن يلم به المواطن العادي للسـبب نفسه الذي يوجب عليه الإلمام بشيء عن التاريخ أو الأدب. واتخذت لهذا الفصل العنوان التالي «برهان من الثقافة». ويقودنا هذا الموضوع إلى الحوار المعياري الدائر بشأن «ثقافتين». وأتحدث

هنا عـن معلومات جديدة تضمنها هذا الحوار مسـتمدة من فلسـفة ما بعـد الحداثة. وأخيـرا، أتبنى في الفصل الخامس الـرأي القائل إن فهم الطبيعة يمثل إضافة لاسـتمتاعنا بالعالم الـذي نعيش فيه. وعنونت هذا الفصل بعبارة «برهان من علم الجمال». وأتناول هنا، من بين أمور أخرى، المسـائل التي «نتعمد معها ارتكاب جريمة الفصل» بـين الثقافتين، والتي تتعلـق بالزعم القائل «العلم والفن لا يجتمعان معا»، أو، إن شـئت الدقة، القول بالتنافر بين العلم والفن.

وبعد أن أكدنا الرغبة في إنتاج مواطنين لديهم ثقافة علمية، أتحول الآن إلى مسـألة الثقافـة العلمية في أمريكا وبقية العالـم. وأعرض في الفصل السادس تاريخ جمع البيانات عن هذه القضية، وأناقش المسألة الصعبة، وهي كيف يمكن للمرء قياس كم المعلومات، مثل قياس كم الثقافة العلمية. وجوهر الأمر أن علماء الدراسـات الاجتماعية ينظرون هنا إلى أمرين: عما إذا كان النـاس يفهمون الفروض الذهنية عن العلم (ما الفـارق بين الذرة والجزيء مثلا؟) وكذا إلى مناهج العلم (ماذا نعني بعبارة المجموعة الضابطة؟).

وجدير بالذكر أن إحدى المشـكلات التي يواجهها المرء دائما هي أن العلماء حـين يتحدثون عـن الثقافة العلمية يسـود ميل إلى طمس الفـارق بين العلم والتكنولوجيا. لذلك عمدت في الفصل السابع إلى فحص هذه العلاقة بقدر من التفصيل عارضا وجهة نظر العلماء المشتغلين بالبحوث التطبيقية وبالتطوير.

وخصصت الفصلين التاليين لدراسة تاريخ تعليم العلم مع تحليل وضعنا الآن في الولايات المتحدة الأمريكية. أين نحن وكيف وصلت بنا الحال إلى مـا نحن عليه. ويمثل خط الأسـاس في أننا منذ عهـد قريب جدا بدأنا نعنى بحالة المعرفة العلمية بين أوسـاط الناس بعامة. وتناولت في الفصل الثامـن، على نحو تتبعي، نتائج صدور تقرير «أمة في خطر»، وصعود علم الفيزياء ليكون موضوعا للدراسـة في قاعات الدرس في الجامعات، وكذا الحركـة الحالية للدفـاع عن الثقافة العلميـة. وأدرس في الفصل الثامن الحواجز المؤسسية الحالية التي تحول دون تطوير وتحسن الثقافة العلمية في نظامنا التعليمي ابتداء من المدرسة المتوسطة وحتى الجامعات.

وبعد أن فرغت من مناقشـة وضعنا الحالي وأين نحن الآن، تحولت إلى السؤال: إلى أين ينبغي أن نسير؟ وأعرض في الفصل العاشر للسؤال عن ماهية أهـداف تعليم العلم لغير المتخصصين ومـا ينبغي أن يتعلموه. وهذا موضوع

يختلف بشــأنه كثيرون. لذلك عمدت إلى إبراز وجهات النظر المتباينة أول الأمــر ثم دفعت بأن الثقافة العلمية تمثل الحد الأدنى من الأهداف في أي مخطط تعليمي. ودافعت عن هذه الحجة في الفصل الحادي عشــر، وذلك بالحديث عن طريقة تغير العلم بعد أن أصبح الحاسوب متاحا للجميع. إن العلم في الغد (بل وبعض البحوث العلمية الآن، ولهذا السبب) لن يماثل نوع المباحث العلمية التقليدية التي شكلت الأساس لنظامنا التعليمي التقليدي. وهذه حجة أخرى عن ضرورة تغيير هذا النظام.

أخيرا أعرض في الفصل الثاني عشــر مخططــا عاما لتنظيم تعليم الثقافــة العلمية. وينبني هذا المخطط حــول الهيكل الباطني للعلم ذاته. ويمكن نظريا تصور العلم كنوع من التراتبية الهرمية قرين نتائج ومفاهيم مهمة تتدفق طبيعيا من عدد بســيط نسبيا مما أحب أن أسميها الأفكار الكبرى. وتشــكل هذه المبادئ الكبرى والشــاملة نوعا مــن الهيكل العام الذي تتبني عليه النظرة العلمية إلى العالم. ذلك لأنها توحد الطبيعة معا وتربطها بعضها ببعض في وحدة متكاملة. وتشــكل أيضا، نتيجة لذلك، أساسا فكريا للتعليم العام في مجال العلم.

وأؤكد هنا أن الطلاب الذين درسوا واستوعبوا قدرا كافيا وفاعلا من المعرفــة عن هذه الأفكار الكبرى يصبحــون مهيئين للتعامل مع الجوانب العلمية للقضايا العامة. إنهم بإيجاز يكونون مثقفين علميا.

لمن هذا الكتاب؟

الإجابــة الموجزة عن هذا الســؤال إجابة بســيطة: يســتهدف هذا الكتــاب كل امرئ معني بتعلم العلم. ونقول بشــكل خاص وأكثر تحديدا إنه يســتهدف المشــتغلين بتخطيط تجربة تعلم العلــم للأغلبية العظمى (المهملة في الغالب) من الطلاب الذين لا يعتزمون مواصلة دراســة العلم والتكنولوجيا لمستقبلهم العلمي. وطبيعي أن هؤلاء الطلاب ليسوا بحاجة إلى أن يتحولوا إلى نســخ مصغرة من العلماء بل هم بحاجة إلى اكتساب القدر الكافي من العلم الذي يؤهلهم لأداء دورهم كمواطنين في مستقبل حياتهــم. ولهذا أدعو المعلمين على جميع المســتويات، ابتداء من مدارس الحضانــة وحتــى الجامعة - المعلمــين والإداريين ومصممــي المقررات الدراسية - إلى المشاركة معي في مناقشة هذا الموضوع الحاسم.

* * *

1

العلم: عالم مفهوم

لماذا العلم؟

ولماذا نعكف عليه؟ ولماذا يشغل فكرنا؟ ولماذا نعلِّمه أو ندرسه؟ ولماذا نؤلف كتابا عنه؟

يمكن القول، بمعنى من المعاني، إن بقية هذا الكتاب هي إجابة مفصلة عن هذه الأسئلة. بيد أنني أبدأ بتذكير القارئ أن البشرية دخلت منذ عهد قريب جدا عالما يهيمن عليه العلم. إن النوع البشري على مدى جل الزمان الذي عاشه على ظهر هذا الكوكب إنما كان يعيش في العالم الذي سماه كارل ساغان «عالم يسكنه الشيطان»، بمعنى عالم تهيمن فيه على الفهم البشري قوى غامضة لا سبيل إلى التنبؤ بها، وغالبا ما كانت شريرة. وعلى الرغم من أن هذا

«يتضمن العلم إجابات صحيحة، ونحن نعرف كيف نهتدي إليها».

المؤلف

العالــم لم يتوار عــن الأبصار تماما (ويكفي أن نتأمــل كيف ينظر الأغلبية من الناس إلى مرض السرطان)، فإن العالم الطبيعي يبدو اليوم عالما يمكن التنبــؤ بأحداثه ويمكن التحكم فيه أكثر مما كان في الماضي، ومن ثم أصبح أكثر أمانا لنا مما كان لأسلافنا. ونحن إذا فهمنا اليوم أن البرق نتيجة حركة جسيمات دقيقة محملة بشــحنات كهربية وليس نتيجة غضب الأرباب فإن هذا الفهم من شأنه أن يغيِّر سبل تفكيرنا. إن عالما مفهوما لنا هو عالم أقل خطرا علينا، لذا فإن فهم العالم هو في النهاية هدف العلم.

لكنك لســت فــي حاجة إلى أن تكون فيلســوفا لكي تتبــين آثار العلم والتكنولوجيــا فــي حياتك. تأمل حياتك في يومك العادي. هل تســتيقظ على تنبيه ســاعة راديو لاســلكية؟ نعرف أن الموجات اللاسلكية بدأ التنبؤ بها في العام 1861 واكتُشــفت العام 1888، واستُخدمت لإرسال إشارات لاسلكية في العام 1894، وهل تسوق سيارتك لتذهب إلى العمل؟ إذن أنت تبدأ في تشغيل سيارتك عن طريق بطارية. ونعرف أن أول بطارية صنعت في العام 1800، كذلك فإن قوانين الديناميكا الحرارية الحاكمة لتشــغيل محرك سيارتك تأسست في العام 1842، كما تم تشغيل أول محرك يعمل بالاحتراق الداخلي في العام 1876، وهل أعدت تشغيل حاسوبك الموضوع علــى مكتبك حال وصولك إلــى عملك؟ إن القوانين الأساســية الحاكمة لأجزاء الحاســوب اكتشــفت في ثلاثينيات القرن العشرين، وأول حاسوب بدائي صُنع في الأربعينيات من القرن العشرين.

يمكن أن أستطرد، لكني أحســب أن الفكرة واضحة. إن الماديات التي تحدد حياتنا، وكذا نظرتنا التكنولوجية العقلانية إلى العالم، جميعها نتائج حديثــة العهد للمشــروع العلمي. ونظرا إلى أننا نعيــش في رحاب العالم العلمي فإن من اليســير علينا إغفال الحجم الحقيقي لإنجازات العلم على مدى الفترة الزمنية القصيرة التي مضت منذ نشأته.

لننظــر إلى الأمر مــن زاوية أخرى. لنفترض أنــك كائن فضائي وافد إلى الأرض لأول مرة. ســوف تلحظ على الفور شــيئا واحدا. إنه من بين ملايــين الأنواع مــن الكائنات الحية يوجد نوع واحــد ووحيد وهو الهومو ســابينس Homo sapiens طوَّر قدراتــه لتغيير البيئة على النحو الذي

يتـــلاءم مع احتياجاته. وأن ثمة نوعا واحـــدا هو الذي عرف ما يكفي عن القوانـــين التي تحكم الكون للتأثير فـــي الأداء الوظيفي لكوكب كامل. وها أنت ترى أن المشـــاهد الطبيعية تغيَّرت في كل مكان لاســـتنبات محاصيل تفيد البشـــر بينما ظهرت مدن ضخمة للســـكنى. ولن تجـــد أي نوع آخر اقترب من مســـتوى التأثير الذي للبشر. وســـواء أرأيت في هذا، كما يرى كثيرون، ســـببا للقلـــق، أم كما أرى أنا حدثا صالحا جيدا، ســـتظل هناك حقيقة هي أن ثمة شـــيئا ما يجعل الحضارة البشرية الحديثة مختلفة عن أي شيء آخر سابق عليها.

وهكذا يبدو واضحا أن شيئا ما حدث منذ بضع مئات من السنين التي مضت وغير إلى الأبد طريقة تنظيم حياة البشـــر. وأود هنا أن أشـــير إلى أن ما حدث هو اكتشـــاف طريقة جديدة ومتميزة وفعالة لاكتشاف طبيعة العالم المادي (الفيزيقي): أعني بها النشـــاط الذي نسميه «العلم». وسوف أدفع أن هذا التغير الذي بلغ المســـتوى الذي تحقـــق في أوروبا في القرن السابع عشـــر هو الحدث الفريد والأهم في تاريخ البشرية، خصوصا إذا كان تقديرنا مبنيا على أساس تأثيره في حياة الأفراد.

لماذا ندرس العلم؟ أي شـــيء آخر يمكن للمرء أن يدرسه إذا ما أراد أن يفهم العالم الحديث؟

اعتـــدت حين أعتزم توضيح هذه النقطة لطلابي أن أســـألهم عن أداء تمرين ذهني بســـيط. أطلب منهم العودة بالذاكـــرة إلى بريطانيا في العام 1775، وأن يبحثوا عن الشـــيء الذي كان له أضخم الأثر في حياة البشـــر علـــى مدى القرنين التاليـــين. كانت إنجلترا في القرن الثامن عشـــر بلدا أنهكته النزاعات الاجتماعية، ويعاني مشـــكلات طبقية ومشـــكلات الفقر بحيث يبدو للمرء أن أي مدينـــة أمريكية حديثة، وبالمقارنة مع واقعه، هي المدينـــة الفاضلة. كانت إنجلترا آنذاك بلدا منهمكا في عمليات بناء أعظم إمبراطورية شهدها العالم، وكانت كذلك بلدا توشك أهم مستعمراتها على الثورة ضدها. ومع هذا لو أنك أردت أن تستشـــرف المستقبل فستجد أنه ليس عليك التوجه إلى البرلمان أو إلى قصر باكنغهام، بل وليس عليك حتى أن تذهب إلـــى الجامعات ومراكز الفكر مثل أكســـفورد أو كمبريدج. لكن

على العكس، ســتجد لزاما أن تتجه إلى حيث يوجد المصنع المتوسط قرب المدينة الصناعية برمنغهام، وإلى مؤسســة بولتون Boulton ووات Watt. ســوف نجد هناك صانعا للأدوات من أســكتلندا يحمل اسم جيمس وات عاكفا على إدخال تحسينات شاملة على القاطرة البخارية التي يمكنها أن تســتمد الحرارة المتولدة من احتراق الفحم وتحولها إلى قوة محركة بالغة التأثير والفاعلية.

وبعــد أن أكمل وات مهمته أصبحت بين يديه ماكينة في إمكانها عمليا استخدام الطاقة التي سقطت على سطح الأرض على مدى ملايين السنين الماضية في صورة أشــعة الشــمس واحتفظت بها الأرض في باطنها على هيئة فحــم. وبدأت غلايات وات في تحرير وإطلاق هــذه الطاقة لتوليد البخار الذي زود بالقوة المحركة ما نسميه الآن بالثورة الصناعية. وامتلكنا لأول مــرة في التاريخ مصدرا للطاقة لا يعتمد على عضلات الإنســان أو الحيوان، وغير مرتبط بمكان بعينه مثل مســاقط شــلالات المياه. وأدارت القــوى المحركة البخارية المصانع التي أدت إلــى نمو المدن، وأدارت حركة القطارات والسفن التي تزود تلك المصانع بالمواد الخام ثم توزع منتجاتها في كل أنحاء العالم. وغيَّرت إلى الأبد العلاقة بين البشر والعالم الطبيعي.

وهكذا كان مستقبل إنجلترا التي أنجبت جيمس وات كامنا في تكنولوجيا غامضة، تكنولوجيا ربما كانت خافية على معاصري وات أنفسهم. وأحسب أن أستاذا جامعيا ما بعد مائتي عام من الآن ربما يتخذ قرارات مماثلة عن إنجازات الهندسة الوراثية في زماننا، نظرا إلى أنها تبدو إنجازا ثوريا على قدم المساواة. ومثلما أن جيل الستينيات من القرن العشرين سوف يذكرهم التاريخ إلى الأبد بأنهم أول البشــر الذين وطئــوا بأقدامهم أرض القمر، كذلك سوف يذكرنا التاريخ بأننا أول من اكتشف تسلسل مكونات الجينوم البشــري. وغني عن البيان أن هذا الحدث أطلق سلســلة من الأحداث لا نعــرف كنهها ومداها الآن. ولا غرابة في ذلك إذ أشــك فيما إذا كان وات لديه صورة واضحة عن خطوط السكك الحديد التي تخترق أنحاء القارات أو عن المدن الصناعية التي تعج بسكانها مثل مانشستر أو بطرسبرغ وقتما كان يحاول جاهدا تطوير ماكينته.

ما العلم: المنهج العلمي؟

إذا كان للعلم مثل هذا التأثير الهائل في تاريخ البشر فإن من الطبيعي أن نسأل: ما العلم على وجه الدقة والتحديد، وفيم يختلف عن غيره من أوجه النشاط البشري؟ درس كتاب عديدون (وأنا منهم) شيئا اسمه «المنهج العلمي» الذي من المفترض أنه يجيب عن هذا السؤال. وليس عندي أي مشكلة بذاتها مع هذا المنهج شريطة أن يدرك الكُتاب أن العلم، شأنه شأن أي نشاط بشري، لا يمكن دائما تقسيمه وتصنيفه إلى أنماط منظمة مثل تقطيع كعكة. لكن ليسمح لي القارئ، بدلا من أن أذهب هذا المذهب من خلال هذا التدريب كله، بأن أضع على بساط البحث أهم خاصيتين تميزان المنهج العلمي في دراسة الكون، واللتين تفسران معا لماذا العلم مختلف عن أوجه النشاط الأخرى. هاتان الخاصيتان هما الملاحظة والاختبار.

الملاحظة

إذا شئت معرفة شيء عن العالم فإنك تتطلع إليه وتشاهده كيف يعمل.

هذه عبارة شديدة الوضوح لنا جميعا، إذ نعيش ثقافة القرن الحادي والعشرين التكنولوجية العلمانية، بحيث من اليسير أن ننسى أنها وعلى مدى التاريخ البشري كان الجميع يعتبرونها على أقل تقدير عبارة خاطئة بل وربما هرطقة. وجاء على الإنسان حين من الدهر كان فيه الإصرار على هذه القضية والمجاهرة بها يؤدي بصاحبه إلى التهلكة حرقا فوق خازوق. وسادت دائما مناهج مناهضة لاكتشاف الطبيعة الحقيقية للعالم. وأعتقد أنه أخيرا فقط استطاع النجاح الباهر للعلم أن يزيح جانبا هذه المناهج من الإطار الفكري صاحب الصدارة.

ولا أملك غير أن أقدم مثالا لهذا المنهج، حتى إن كان مختلقا (وقد تعلمت منذ زمن بعيد ألا تدع الصدق أو الزيف في ذاته يصدك عن سرد قصة جيدة ونافعة). سمعتها لأول مرة من زميل لي طالب في جامعة أكسفورد، وهو شاب يدرس تاريخ العصر الأوروبي الوسيط. وتتناول القصة أحد عناصر الخطاب الكلاسيكي في العصر الوسيط.

ولعلك سـمعت عن الحوارات السكولاسـتية الكبـرى (*)، وربما جاءت القصة ضمن سياق الجدل بشأن معرفة كم عدد الملائكة الذين يمكنهم الوقـوف معا علـى رأس الدبوس. لا تعجب أو تهـزأ، فهذه فعلا كانت قضية لاهوتية مهمة لأنها تتعلق بالسـؤال عما إذا كانت الملائكة كائنات جسدية أم روحية.

على أي حال، لم يكن الجدل المعني في قصة صديقي بشـأن الملائكة بل بشـأن عدد الأسـنان في فم الحصان. إذ هب دكتور «أ» واقفا مستندا إلى اقتباسـات من أوغسطين وآباء الكنيسة، بينما اعتمد دكتور «ب» على أرسـطو وفلاسفة اليونان. وبينما الجدل على أشده وقف شاب في طرف خلفـي للقاعـة وقال: «يوجد حصان في الخارج. لمـاذا لا نفكر في مجرد النظر إليه؟»، وتمضـي المخطوطة لتقول، كما أكد لي الصديق، «تجمهروا وتكأكأوا عليه جميعا وأوسعوه ضربا على مؤخرته وعلى جانبيه وأخرجوه مطرودا من حظيرة أهل العلم».

وسـواء أكانت القصة صادقة أم لا فإنها تصور لنا أسلوبا للوصول إلى معرفة العالم لا يعتمد المشـاهدة. إذ نلحظ في هذه الحالة أن أهل الذكر مـن العلماء اعتمدوا على الحكمة المنقولـة بالوراثة المتضمنة في نصوص تحظى بالإجلال والتوقير، وربما جادلوا، في جميع الأحوال: ما الذي يمكن للمرء أن يراه في فم الحصان ولم يره أرسطو بالفعل؟

وطبيعـي ألا حاجـة بنـا إلـى التوجـه إلى العصور الوسـطى لنصـادف مثل هذا الاتجـاه. إن المعركـة المتصلـة داخـل الولايـات المتحدة بشـأن تعليم نظرية الخلق يمكن النظر إليها من المنظور ذاته. إذ نجـد، من ناحية، علمـاء يعتمدون مشـاهدة سـجلات الحفريات وبراهين الحمض النووي (دنا DNA) لفهم نشـأة الأرض وتحولاتها علـى نحو ما هـي عليه الآن. هـذا بينما نجد آخريـن يؤمنون بأن الحقيقة تكشـفت جلية في متـون بعينهـا وعلينـا التسـليم بهـا (مثل سـفر «التكوين» في التوراة).

(*) Schalostic Debates أو الحوارات المدرسـية، والمدرسية Scholasism هي حركة انبثقت من محاولة التوفيق بين الفكر الإغريقي والمسـيحية في العصور الوسـطى، ويعد القديس توما الأكويني من أشهر أنصارها [المحرّرة].

ويمكــن للقارئ أن يجد اتجاها مماثلا لدى جماعة تروج لفكر غامض يحمل اسم فلسفة العصر الجديد (*). وإذا استمعت إلى حكمتهم المشوشة ومزاعمهــم عن الترابط في الكون الأكبر وعن التقارب المتناغم وســريان تدفقات الطاقة أو غير ذلك من أفكار وواجهتها بحجج تعتمد على قوانين الفيزياء، فإنهم غالبا ما ينظرون إليك باســتعلاء وغطرسة قائلين: «توجد أشــياء غير معروفــة للعلم». وهنا وفي مثل هــذه الحالة يصل الناس إلى الحقيقة عن طريق ما يشــبه الاستبصار الحدســي أو الصوفي الغامض، ويرون أن المشاهدة ليس لها دور في هذا المجال.

وأقــول بوجه عام إنني لا أحب كلمة ثورة عند تطبيقها على التطورات الفكرية؛ لأنها تبدو وكأنها توحي بقطيعة بين ما هو تسلسل مرحلي متقدم للأفكار. ولعل الأوفق عندي النظر إلى حدث ما يمكن اعتباره رمزا للتطور بــدلا من النظر إليه باعتباره معلما علــى قطيعة وانفصال. وحري بالذكر أننــي إذ أتطلع إلى مثــل هذا الحدث الذي يمثل رمــزا لفكرة التعلم عما يجري في الطبيعة من خلال المشــاهدة، فإنني أعود إلى ميلانو في القرن الخامس عشر، وهو الوقت الذي تسلح فيه الدوق بمدفع يعتبر آنذاك أهم وأرقى مظاهر تكنولوجيا العتاد العسكري في عصره. استدعى الدوق كبير مهندســيه المدعو تارتاليا وسأله سؤالا بسيطا من النوع الذي يثير الجنون والغيظ، ويسأله المسؤولون عادة لعلمائهم، وهو: ما الارتفاع الأمثل لماسورة المدفع لكي تصل القذيفة إلى أقصى مدى لها؟

مغزى القصة أن تارتاليا لم يجلس ساكنا متأملا كيف له أن يحل المشكلة على نحو ما أوصى أفلاطون. كذلك لم يشأ أن يستشير متونا لها الإجلال والتقدير على نحو ما قد يفعل الدكتوران «أ» و«ب»، ولكنه على العكس حمل

(*) حركــة العصر الجديد New Age Movement هي إحــدى دورات البعث التاريخي لرؤية خيالية عن مسار الفكر والقيم الإنسانية. يزعم أنصارها أن جذورها الفلسفية ممتدة إلى أعماق تراث تاريخي قديم، وتؤمن بوجود قوى خارقة وأفراد من بني البشر لهم سلطان يؤهلهم للتعامل مع الخوارق.

واقترنت نشــأة الحركة في العصر الحديث بأزمة الإيمان المسيحي في الغرب، نتيجة تناقضات واضحة بين ما نص عليه الكتاب المقدس، وما كشفت عنه البحوث والاكتشافات العلمية وثقافات وأديان شــعوب الشــرق الأقصى والأوسط، وما عاينه الشــباب في رحلاتهم عبر العالم. وبلغت الحركة أوجها في الولايات المتحدة مع الهيبيز في ستينيات القرن العشرين [المترجم].

المدفع إلى ميدان خارج المدينة، وشرع يطلق قذائفه ويلاحظ أبعاد القذائف فـــي أوضاع مختلفة. ربما حدث هذا قبل أن يضع غاليليو أو نيوتن بقرنين من الزمان القوانين الحاكمة لمسار وسرعة القذائف. ولكن تارتاليا اكتشف، عن طريق المحاولة والخطأ والملاحظة، أنك إذا ما صوبت ماســـورة المدفع عند ارتفاع 45 درجة فإنك تحصل على أقصى مدى للقذيفة.

وطبيعي أنـــه منذ ذلك الوقت أصبحت فكـــرة أن المعرفة العلمية تبدأ من الملاحظة حكمة عامة لها الســـيادة. لكن، مع الأسف، اقترن هذا الفهم ببعض المفاهيم الخاطئة التي أرجو أن أوضحها على الرغم من خشيتي من التكرار. إن ســـوء الفهم الأكثر شيوعا هو أن العلماء، إذ يلاحظون العالم، إنما يفعلون ذلك - وفق ما هو مفترض - بعقل مفتوح، وقد تحرروا من كل المفاهيم الســـابقة عما هم بصدد اكتشـــافه. وغالبا ما تتحول هذه الفكرة إلى ما يشـــبه «خيال المآتة»، أي حجة زائفة تتردد على لســـان الفلاســـفة الراغبين في إبراز مفهوم البنية الاجتماعية للعلوم.

حسن، إن كل ما يمكن أن أقوله إنني، على مدى حياتي العلمية التي جاوزت ثلاثـــين عاما في معمعان البحث العلمـــي، التقيت عالما واحدا فقط يعمل بهذه الطريقة. اسمه فيليب جنجريتش، وهو عالم حفريات وباحث جيولوجي ميداني في جامعة ميتشغان. وأذكر أنني حين كنت في المنطقة المعروفة باسم بيغ هورن بيزيـــن، أو حوض القرن الكبير في وايومنغ، وفي صحبة فيليب ســـألته: كيف حددت لنفســـك الموقع الجديد؟ (وكلمة موقع تعنـــي، عند الباحثين الإحاثيين، المـــكان الذي يبحثون فيه عن الحفريات). وأجاب إجابة ذات دلالة كاشـــفة، إذ قال: «أنطلق إلى الميدان وأدع الصخور تتحدث إليَّ». أعرف أن كل العلماء الذين صادفتهم في حياتي ينخرطون في تجربة أو في دراسة ميدانية أو في مشاهدة، ولدى كل منهم فكرة واضحة إلى حد كبير عما يتوقع أن يكتشفه. وهذا هو ما يعنيه الفلاسفة حين يقولون بعبارتهم إن الملاحظة العلمية «محملة بالنظرية». إن ما يجعل العالم عالما جيدا ليس أنه يبدأ عمله وبحثه صفرا من أي توقعات محتملـــة، بل واقع أن النتائج حين لا تتطابق مـــع التوقعات المنتظرة فإن العالم يسلم مقتنعا بما تقوله الطبيعة. ومن ثم فإن العالم بدلا من أن يتجاهل أو يلوي ويقمع النتائج، يغير هو فكرته عما كان يتصوره وينتظره من نتائج.

ويفيدنـــا التطور التاريخي للعلوم بأن المشـــاهدات تعقبها دائما فترات من النشـــاط العقلي ـ الفكري المكثف التي يتم خلالها الكشـــف عن انتظام المعطيات، لتكون أساســا لاستحداث النظريات المميزة للنظرة العلمية عن العالم. وشـــهد علم الفلك في القرنين الســـادس عشر والسابع عشر مثالا كنســيا لهذا التسلســل المتعاقب للبحث. نذكر أولا النبيل الدنماركي تايكو براهـــي (1546 - 1601) الذي قضى حياته يجمع أهم البيانات الدقيقة في العالم عن مواقع الكواكب في السماء. (وجدير بالذكر أن علماء الفلك لا يحبـــون أن يذكرهـــم أحد بذلك على الرغم مـــن أن هذه البيانات كانت ذات قيمة اقتصادية هائلة في تلك الأيام، إذا اســـتخدمها المنجمون للتنبؤ بالطالع على نحو أكثر دقة).

وبعد وفاة براهي خلفه مســـاعده، وهو عالم رياضي ألماني شاب يدعى يوهانـــس كيبلر (1571 - 1630)، عمد كيبلر إلى تكثيف هذا الكم الهائل مـــن المعلومات، وصاغهـــا في قوانين ثلاثة تعرف باســـم قوانين كيبلر عن حركـــة الكواكـــب، يفيد أحدها على ســـبيل المثـــال أن الكواكب تدور حول الشـــمس في مدار إهليليجي، وهو قانون يكشف عن بصيرة نافذة أطاحت بآلاف السنين من الفكر الذي ساد مبحث الفلك.

وأخيرا هناك إســـحق نيوتن (1642 - 1727) الذي أوضح أن قوانين كيبلـــر نابعة مـــن نظرة أعمق تتضمن ما نســـميه الآن قوانـــين نيوتن عن الحركـــة وقانون الجاذبية الكونية. وتمثل الحصاد النهائي لهذه السلســـلة من الأحداث في صورة عن الكون بسيطة غاية البساطة ومقنعة تماما. إذ تجعل المرء يرى حركة الكواكب وكأنها حركة عقارب ســـاعة بينما تروسها الداخليـــة تمثـــل تطبيقا لقوانين نيوتن. بدا الكـــون الآن من دون تدخلات خارجيـــة إنما يخضع لقوانين عقلانية يمكن التنبؤ بها، قوانين يمكن للعقل البشري أن يكتشفها.

جديـــر بالذكر أن فكـــرة الكون الذي يعمل كالســـاعة كان لها أثرها العميق في ثقافة القرنين الســـابع عشـــر والثامن عشـــر. ويتجلى ذلك بوضوح فـــي الفن والأدب والموســـيقى. حقا إن بعـــض الباحثين وصل بهم الأمر إلى حـــد تأكيد أن واضعي الإطار العام للدســـتور الأمريكي

تأثروا بها على نحو عميق، بمعنى أنهم شعروا بأنهم يكتشفون القوانين الحاكمة للمجتمع البشـري تماما مثلما اكتشف نيوتن القوانين الحاكمة للمجموعة الشمسية.

وهكذا تفضي عملية الملاحظة في نهاية الأمر إلى شـيء خاص جدا. وتفضي طبيعة المخ البشـري إلى أننا حين نجد مظاهر انتظام في العالم الذي حولنا فإننا نعزو مظاهر الانتظام هذه إلى سبب يمكن معرفته سواء قلنا إنها أفعال روح أو تجسيد عمل قانون طبيعي. ونخلق صورة عن الكون فيها سـبب منتج لما نشـهده من انتظام. واعتدت أن أسـمي هذه العملية ابتكار نظرية، وإن كنت أجد لزاما أن أنبه القارئ إلى أن الفلاسفة خاضوا حوارات لا نهاية لها بشـأن تعريف ما النظرية على وجه الدقة والتحديد. بيـد أننـا، توخيا للهدف المنشـود هنا، يمكن أن نأخـذ قوانين نيوتن عن الحركة وقانون الجاذبية الكونية باعتبارهما النموذج الإرشادي (البارادايم) للنظرية عن الكون.

وحري بنا أن نشير إلى أن جميع النظريات ليست سواء عند ابتكارها. إذ إن بعضها يكون أفضل كثيرا من غيرها من حيث تفسـير ما نشـاهده. مثـال ذلك أن تايكـو براهي وضع نظرية مبنية على أسـاس مقاييسـه. وتفيد هذه النظرية بأن الشـمس تدور حـول الأرض، لكن جميع الكواكب الأخرى تدور في مدار حول الشـمس. وقد عجزت نظريته في النهاية عن تفسير البيانات تفسيرا ناجحا، ولهذا تخلى الباحثون عنها. ونذكر هنا أن هذه العملية التي تسـتهدف فرز الأفكار وإسـقاط بعضها، بناء على مدى صلاحيتها لتفسـير المشاهدات هي ما ينقلنا إلى الوجه الثاني المهم للعلم، ونعني به الاختبار.

الاختبار

سـيقول كثير من العلمـاء إن الجانب الأهم في العمليـة العلمية هي المقارنـة التي لا تهدأ ولا تتوقف بين التنبؤات التي تقول بها نظرياتنا وبين ما يحـدث بالفعل في الطبيعة. وهذا من شـأنه، بمعنى مـن المعاني، أن يكسـب العلم صفة ليسـت لأي مجال آخر من مجالات النشاط البشري،

حَكَم مرجعي خارجي غير متحيز، بل صارم أشد الصرامة في عدم تحيزه. إنــه حكم لا يفرق بين هذا وذاك ســواء أكان هذا الــذي يقترح نظرية ما حائــزا جائزة نوبل أم ذاك مجرد زميل جديد حاصل على درجة الدكتوراه حديثــا. وإذا لم تؤكد التجربة أو المشــاهدة تنبــؤات نظريته فإن النظرية مصيرها الإغفال. وهذه نهايتها.

ويبــدو لي أن هذا الجانب من العلم هــو الأصعب من حيث قابلية غير العلماء لاستيعابه، لهذا سوف أتوفر على الحديث عنه بعض الوقت. تتمثل المشكلة هنا في ارتباطه بقضايا عدم الانحياز والموضوعية، وهاتان قضيتان تثيران في ثقافة ما بعد الحداثة كل رايات التحذير. لهذا فإنني - بعيدا عن أي لغط أو جلبة - أستسمح القارئ أن أعرض أطروحتي في أبسط وأوضح صورة: يتضمن العلم إجابات صحيحة، ونحن نعرف كيف نهتدي إليها.

وليســمح لي القارئ ثانية بأن أقدم هذه الفكرة من خلال مثال تاريخي آخر. يذكر التاريخ أنه بعد أن أعلن إسحق نيوتن القوانين الأساسية الحاكمة لحركة وأداء الكواكب قرر إدموند هالي، المعاصر له، أن يطبق تلك القوانين على تلك الأضواء الغريبة التي تجوب الســماء والمعروفة لنا باسم المذنبات. ونعــرف أن المذنب ضــوء يتوهج فجــأة ويظهر من دون توقع في الســماء ويتحــرك على صفحتهــا حينا ثم يختفي، وهو الشــيء الأبعد ما يكون عن التطابق التام مع الكون الذي يعمل كالســاعة. استخدم هالي قوانين نيوتن، واستطاع أن يحدد مدارات 24 مذنبا تاريخيا، ووجد أن 3 من هذه المذنبات لها مدارات متطابقة. ولم تبق آنذاك سوى خطوة صغيرة للتحقق من أن هذا ليس موقفا خاصا بثلاثة مذنبات مستقلة، بل مذنب واحد يعود ثلاث مرات. واستخدم ثانية قوانين نيوتن، واستطاع أن يحسب متى سيظهر المذنب ثانية في الســماء. (واقع الأمر أن هذا الحســاب ليس ســهلا بســيطا كما يبدو في ظاهره، لأن تأثيرات الجاذبية الكواكب الخارجية يمكن أن تتســبب في حدوث تشوشــات كبيرة في مدارات المذنبات. وقد اكتشــف هالي أن عودة المذنب إلى الظهور تأخرت نحو ســنتين بسبب هذه التأثيرات)، وقال هالي: «إذا كانت الصورة التي قدمها نيوتن عن الكون صحيحة فإن هذا الشــهاب سيظهر ثانية في السماء في نهاية العام 1758».

وتأكدت النبوءة، إذ عشـية عيد الميلاد (الكريسماس)، وبعد وفاة هالي بست عشرة سنة، وجه باحث هاو في علم الفلك منظاره التلسكوب إلى السماء ورأى المذنب. وسُمي المذنب باسم هالي تكريما له. ونعرف الآن أن أول ظهور مسجل لهذا المذنب كان لعالم فلكي صيني العام 240 قبل الميلاد، وأن أحدث زيارة له للأرض (والتي أصبحت عادية لنا) كانت العام 1986 (وستكون زيارته التالية العام 2061).

وهـذا التتابع للأحداث، والمسمى عودة مذنب هالي، أكمل دائرة المنهج العلمي. وسبق أن أكدت أن العلم يبدأ بالملاحظة، وينتهي، كما نرى في هذا المثال، بالملاحظة. وإن هذا التفاعل بين أفكار البشر فضلا عن الحقيقة المؤكدة للطبيعة هما ما يجعلان العلم مختلفا عن مجالات النشاط الفكري الأخرى.

وثمة طرفة عرضية تتعلق بقصة مذنب هالي مأخوذة عن هالي نفسه، إذ كتب بعد أن فرغ من حسابه لمدار المذنب: «أحسب أنه (أي المذنب) لو عاد ثانية العام 1758 فإن الخلف المنصف غير المتحيز لن يرفض الاعتراف بأن أول من اكتشفه إنجليزي» [1] (كان هالي في حياته المملتئة بالمغامرات يجمع ما بين كونه قبطانا بحريا وعميلا سريا للأدميرالية البريطانية. وأود أن أقول: لقد كان هو جيمس بوند الأصلي).

وكم هو مهم أن نؤكد أن في الإمكان أن نتصور عالما أظلمت سماؤه عشية عيد الميلاد العام 1758. أو لنقل بعبارة أخرى أن نتبين أن تنبؤات نظرية نيوتن لم تتحقق، ومن ثم فإن النظرية خطأ. معنى هذا بلغة الفلاسفة أن فيزياء نيوتن قابلة لإثبات زيفها (أو بلغة القانون قابلة للاختبار ووضعها على المحك). إنها نظرية تطرح تنبؤات يمكن، من حيث المبدأ، وضعها موضع الاختبار وقد لا تتحقق. وأصبح من المقرر الآن أن النظرية التي ليست لها هذه الخاصية ليست جزءا من العلم.

ومن المهم أيضا أن نقرر أن نظرية ما يمكن أن تكون قابلة لإثبات زيفها لكنها لاتزال خطأ. مثال ذلك عبارة «الأرض مسطحة»، عبارة قابلة تماما للاختبار ولإثبات زيفها. وثبت زيفها. ونجد من ناحية أخرى نظرية قابلة لإثبات زيفها وصحتها. مثال ذلك عبارة «اضطراب منظومة مغلقة لا ينقص مع الزمن». فهذه عبارة قابلة للاختبار وقابلة لإثبات زيفها، ولكنها

صحيحة (وهذه معروفة بأنها القانون الثاني للديناميكا الحرارية). وهكذا نرى أن حدث العام 1758 كان دليلا على أن الكون الذي يشبه الساعة عند نيوتن هو مثال آخر لنظرية قابلة لإثبات الزيف ولكنها صحيحة.

وكان لمعرفتي أن النظريات العلمية قابلة للاختبار دور رئيس في قراري أن أصبح عالم فيزياء. إذ كنت وأنا طالب بالجامعة مفتونا ولزمن طويل بالفلسفة، وعقدت العزم جادا أن أنذر حياتي لهذا المجال. بيد أنني كلما قرأت أكثر استمعت أكثر وأكثر لكبار فلاسفة زماني، بدأت أدرك أن أهل هذا المجال، وعلى الرغم من تناولهم أهم القضايا الأساسية، فإنهم في نهاية المطاف لا تصل بهم الحوارات إلى خاتمة متفق عليها. وتبين لي أنك مادمت تملك حججا متسقة منطقيا، ومجادلا لَسِنًا - مثلك مثل من تجادله - فلن يستطيع أحد أن يثبت أنك على خطأ. وتخيلت فلاسفة العالم وكأن كل فريق يعيش في دائرته أو مدرسته الفكرية المنفصلة عن غيره من دون أي قوة خارجية فاعلة يمكنها أن تؤسس معيارا للصدق. ومع التقدم في مراحل حياتي العملية تبين لي أن هذا هو عين الموقف في الميادين الأخرى للإنسانيات. ويصبح لزاما على أهل هذه المجالات أن يسقطوا إمكان الوصول إلى إجابات محددة في مقابل حق طرح أسئلة وقضايا عميقة وأساسية.

لكن العلم جد مختلف. يمكن أن تكون هناك - وغالبا هو كذلك في الحقيقة - خلافات بشأن أي نظرية هي الأفضل لتفسير المعطيات التي بين أيدينا، وقد تستمر الخلافات عقودا. لكن في النهاية يتفق الجميع على أن المعطيات المتاحة لنا هي التي تحسم القضية في النهاية. ويستطيع العلماء التوصل إلى نتيجة نهائية للحوارات الدائرة بينهم بأن يحصروا انتباههم في نطاق أنماط المسائل التي يمكن الإجابة عنها في ضوء المشاهدة. بيد أنهم في الوقت نفسه لا بد أن يتخلوا عن البحث عن إجابة عن الأسئلة الأعمق (كأن نسأل: ما معنى الحياة؟). ويعبر عن هذا الراحل كين بولدنغ حين قال: «العلم... هو عملية إبدال الأسئلة غير المهمة التي يمكن الإجابة عنها بأسئلة مهمة لا يمكن الإجابة عنها» (2).

وبعـــد أن عرضت هذه الفكـــرة عن العلم عامة أريـــد أن أوضح جانبا للعمليـــة التي لها تأثيراتها الهائلة في وســـيلة تفاعل المشـــروع العلمي مع المجتمع بشـــكل عام. إن عملية اقتراح نظريـــة واختبارها والتي أوضحت معالمها آنفا هي عملية يجري تنفيذها على نحو جيد تماما، ومن ثم يمكن الاعتماد عليها في التطبيق العملي لاستنباط التأويل الصحيح عن الطبيعة. لكن ما لا يمكن أن تفعله هو إثبات تلك التأويلات ونقلها وفق برنامج عمل محدد، وهذا ما يمكن أن يسبب أحيانا بعض المشكلات.

ولننظـــر إلى الأمر على هـــذا النحو: تنبثق كل فكـــرة علمية في عقل فـــرد بعينه في مكان مـــا من العالم. وتخضع على مـــدى الزمان للاختبار مـــرات ومرات، وربما تصبح موضع قبول. وأكثـــر من هذا أن في الإمكان أن تتضمنهـــا المراجـــع. ولكن يأتي وقت حتما، تأخـــذ فيه الفكرة مجراها فـــي التطبيق، فتكون موضع اختبار وعلـــى المحك. جدير بالذكر أن عملية القبول عمليـــة معقدة، إذ تتضمن اختيارات فرديـــة من جانب الآلاف من العاملـــين في المعامل في مختلف أنحاء العالم. وبين النشـــأة والقبول ربما تدخل الفكرة العلمية فيما يشـــبه النســـيان حين لا يكون معروفا إن كانت خطأ أم صوابا.

ونحن حين نتحدث عن الكيفية التي سيواجه بها مواطن العلم في القرن الواحد والعشرين نجد أن حالة عدم اليقين هذه بالغة الأهمية، ذلك لأنها تتناقـــض مع إحدى الصور التي في خيـــال الكثيرين عن العلم. ونعرف أن الكثيرين يظنون أن العلم لديه إجابات دائما وأنها إجابات صحيحة دائما. (إذا راودك شـــك في هذا، لك أن تلاحظ طريقة استخدام كلمة *علمي* في الخطاب اليومي). لذلك فإن من الصعوبة بمكان على الكثيرين قبول، ومن ثم فهم، أن هناك فترات من عدم اليقين في تاريخ تطور أي فكرة.

ولقـــد واجهت هذا الموقف مرارا عندما كنت أحاضر عن العلم للقضاة (وهذا ما أفعله كثيرا تحت رعاية مدرســـة القانون في جامعتي). وأود أن أصوغ المشـــكلة على النحو التالي: «أنـــا كعالم يطيب لي أن أقول إن المنهج العلمي سيقدم لنا إجابات موضع ثقة بالنسبة إلى مشكلة بعينها بعد عشر سنوات من البحث. لكن المشكلة أن المحاكمة ستبدأ الثلاثاء المقبل».

جوهر القضية أن كثيرا من القضايا التي تعترض الناس في حياتهم بوصفهم مواطنين سوف تتضمن العلم وهو لايزال في المنطقة الرمادية بين مرحلتي البداية والقبول. ولهذا فإن معرفتهم بالمبادئ الأساسية للعلم تمثل، على الرغم من أهميتها الشديدة، مجرد جزء مما هم في حاجة إلى الإلمام به. وهم في حاجة أيضا إلى فهم الكيفية التي أصبحت بها هذه الأفكار مقبولة حتى يتسنى لهم إصدار أحكام معقولة عن القضايا الراهنة من مثل احترار الكوكب أو آخر التحذيرات بشأن المواد المسرطنة في الطعام.

صفة أخرى للمنهج العلمي وهي أنه، إذا ما توافر الوقت الكافي، يكشف كلا من الأخطاء (التي تحدث) والخداع المتعمد (الذي يحدث أيضا لكن بدرجة أقل). وأذكر أن اثنين من العلماء في جامعة أوتاه أعلنا في نشرة أخبار المساء منذ عدة سنوات أنهما نجحا في عمل انصهار نووي بارد في معملهما. وأحدث النبأ ضجة. وأتحدث عن نفسي عندما أقول: إن ذلك كان وقتا رائعا لأن يكون المرء فيزيائيا، فقد كان الناس مهتمين فعلا بالحديث معك في المحافل. لكن استغرق الأمر نحو الشهر من المجتمع العلمي ليعلن رفضه هذه المزاعم على أساس عيوب فنية في التجربة الأصلية وفشل الباحثين الآخرين في الوصول إلى النتائج نفسها في ظل ظروف مضبوطة ومحكمة. وحدث بعد ذلك، منذ عهد قريب، أن أعلن باحث من كوريا الجنوبية أن معمله نجح في إنتاج خلايا جذعية بشرية. وانطلقت التساؤلات من كل مكان على ألسنة كتاب التقارير من الصحافيين، وسرعان ما كشفت عن حقيقة الخداع في هذا الزعم. وطبيعي أن مثل هذا النوع من الأحداث يدفع المعلقين إلى التشكك والتساؤل بشأن الأسس الجوهرية للعلم. بيد أنها، على الرغم من ذلك، توضح أن منظومة العلم إذا ما تركناها لحالها وتوافر لها الوقت الكافي فإنها سوف تصل في النهاية إلى الإجابة الصحيحة.

ليسمح لي القارئ بنقطة أخيرة عن المنهج العلمي قبل أن أستطرد، وذلك لأنها تتضمن نقدا آخر للعملية، وهو النقد الذي يثيره الفلاسفة أحيانا. إن المنهج العلمي قد يكون سبيلنا إلى الوصول إلى مقاربات أكثر

ارتباطا بالحقيقة، لكنه لا يســتطيع أن ينتج – وغير مصمم بهدف إنتاج – «الحق». وســبب ذلك بســيط للغاية: إذا كانت المنظومة مبنية على أساس الملاحظة، إذن فإن مــن المنطقي أن تظل دائما معرضة لاحتمال أن تظهر غدا ملاحظة أخرى تطيح بمبدأ استقر زمنا طويلا.

لكن مع كل ما قلته آنفا دعني أضع تمييزا مهما بين ما هو منطقي وما هو معقول. ليس في الإمكان البرهنة منطقيا على أن الشمس سوف تشرق غدا. ونعرف أن الحقيقة الواقعة هي أنها تفعل هذا منذ 4.5 مليار ســنة. بيد أن هذه الحقيقة لا تبرهن على أنها ستفعل ذلك غدا. ونحن من ناحية أخــرى نعترف بأن من الحمق تمامــا أن ننظم حياتنا على احتمال أنها لن تشــرق. هذا هو الفارق بين ما هو منطقي وما هو معقول. لذلك فإنه إذا كان من الممكن منطقيا أن يثبت شخص ما – غدا – خطأ مبادئ بقاء المادة، أو التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي، فإنني شــخصيا أستطيع أن أضع الاحتمالات المرجحة ضد هذا الحدث في مستوى أعلى من احتمالات عدم شروق الشمس غدا.

هذا هو الوضع إذن. وحيث إننا في عالم ناقص، فإن هذه هي السبيل الفضلى لنا. وأقول صراحة إنها تبدو جيدة جدا في نظري.

ما ليس بعلم: العلم الزائف وما أشبه

أدى نجاح العلم إلى نشــوء نوع من المحــاكاة الفكرية التنكرية: أحداث متتابعــة تحاول أن تظهر في صورة العلم وتزعم أنها علم، ولكنها ليســت كذلك. وتحمل جميعها اسم «العلم الزائف». وكثيرا ما تعرض مشكلة تثير الخلط لدى المراقب العابر غير المتمرس. وأتحدث هنا عن مجالات من مثل التنجيم وإدراك ما هو خارج النطاق الحسي extrasensory perception، ومثلث برمودا والأجســام الطائرة المجهولة UFO، وزوار من خارج الأرض لكوكبنــا، والصور المختلفة للنشــوء من العدم. وأجد من حســن الحظ أن العرض الســريع الســابق للمنهج العلمي يمكن أن يوفر لنا أدوات لتحليل ورفض كثير من المزاعم التي شاعت في الماضي، وكذا ما سوف يظهر منها للأسف مستقبلا.

ولنبدأ بالعقيدة الأولى عن المنهج العلمي - أعني فكرة أننا نعرف ما يتعلق بالطبيعة عن طريق الملاحظة - تفيدنا هذه العقيدة بأن أول ما ينبغي عمله عند مواجهة ما نظن أنه قد يكون علما زائفا هو أن نسأل سؤالا بسيطا: «هل الوقائع المذكورة صادقة حقا؟»، وسوف أعطي بعض الأمثلة لأوضح كيف أن هذا السؤال يحقق هدفه.

التنجيم

التنجيم منظومة عَقَدية ترجع إلى أيام علماء الفلك العظام في بابل. وترى العقيدة المحورية هذه في عبارة بسيطة أن مواقع الكواكب في السماء لحظة ميلاد المرء تحدد شخصيته والأحداث التي تقع له في حياته. ولعل أهم جانب فيها هو ما اصطلح على تسميته برج المرء. ويتحدد معنى البرج جوهريا بأنه الكوكب الذي تظهر الشمس معه، لحظة الميلاد إذا كان في الاستطاعة أن نرى النجوم في وضح النهار. ويبلغ مجموع الأبراج المألوفة لنا اثني عشر برجا يغطي كل منها قرابة الشهر. وهذه هي الكواكب التي تمثل مجموعة في السماء تسمى دائرة البروج، التي تتحرك الشمس عبرها على مدى سنة.

وثمة سبل كثيرة لنقد التنجيم. مثال ذلك يمكن للمرء أن يوضح أن الحركة المنتظمة لمحور الأرض غيرت العلاقة بين أبراج دائرة البروج وأيام الميلاد منذ عصر البابليين. ويوجد اليوم فارق يقارب عدة أشهر بالتمام والكمال تزحزحت فيه هذه الأرقام. معنى هذا أن برج ميلادك لم يعد في ذات صف موقع الشمس عمليا. ويستطيع القارئ أن يؤكد أيضا أن علماء الفلك المحدثين يقررون أن دائرة البروج بها ثلاثة عشر كوكبا بدلا من الاثني عشر التي يقول بها التنجيم. وأضيف هذا الكوكب الجديد واسمه أوفيوكوس - أي حامل الثعبان - منذ ستين عاما مضت ولكن لم يوضع ضمن خارطة البروج للكشف عن الطالع.

لكن لندع هذا جانبا ونركز على السؤال الأساسي: «هل التنجيم له مصداقية؟» إليكم اختبار صغير أجريه عادة مع طلابي: آخذ خارطة الطالع المنشورة في صحيفة الأمس وأزيح الأبراج جانبا ولا يبقى سوى اثنتي عشرة

مشورة أو رؤية غير محددة وفق تاريخ الميلاد. أطلب بعد ذلك من كل طالب عمل شيئين اثنين: أولا، استخراج الرؤية التي كانت هي الأفضل له في اليوم السابق ثم أعطيه بعد ذلك برجه. هنا تستطيع أن تتبين ما إذا كانت خريطة الكشف عن الطالع قدمت عمليا رؤية أو مشورة مفيدة أم لا.

لكن هنا الخدعة: إذا اكتفى الطلاب باستخراج مشورة عشوائيا فإن من المتوقع أن يحصل الطالب على المشورة الصحيحة مرة واحدة من اثنتي عشرة مرة. معنى هذا أن السؤال الحقيقي ليس ما إذا كان شخص بعينه حصل على المشورة الصواب، إذ إن البعض سيتحقق له ذلك مصادفة. إنما السؤال هو إذا ما كنا بصدد فريق كبير العدد فإن النتائج سوف توضح أن قراءة طالعك لن تقدم لك جديدا غير ما استخرجته بشكل عشوائي. جدير بالذكر أنني حين أفعل هذا مع فئات تتألف من أعداد ما بين 80 و200 طالب نجد النتائج دائما متسقة مع الاختيار العشوائي. ومن ثم فإن التنجيم، تأسيسا على هذا الاختبار البسيط، يفشل في أبسط اختبار أساسي يمكن أن نجريه على فكرة ما، أعني اختبارا للكشف عما إذا كان للفكرة مصداقية في العالم الواقعي أم لا.

وليس المرء في حاجة إلى أن يمضي بعيدا للكشف عن إخفاقات أخرى للتنجيم. إذ اعتدت أن أقدم حالتي أنا وزوجتي بوصفها مثالا واضحا صارخا. إذ أنا وزوجتي من مواليد برج العذراء، والفارق بين تاريخ ميلادي وتاريخ ميلادها ستة أيام (لكن في سنتين مختلفتين). واكتشفت من اليوم الأول أن لكل منا شخصيته المميزة. وليس هذا فقط، بل كلانا على العكس تماما من التنميط المعتاد للجندر. ذلك أن واندا موسيقية تنزع إلى العقلانية والفكر الخطي المستقيم باتجاه واحد. وأنا عالم فيزياء أميل إلى ما هو وجداني وحدسي. وطبيعي أن التكامل بين هذه العناصر المميزة يفيد كثيرا في الزواج، لكنه يقينا لا قيمة له لكي يجعل من التنجيم شيئا قابلا للتصديق حين يتعلق الأمر بأن كلينا من برج واحد.

أخيرا أود أن أوضح أن التنجيم يعتبر المثال الأول والأبرز لما أسميه نمط العصر الذهبي للعلم الزائف. إنه في جوهره يؤكد أن العصور القديمة امتلكت حكمة فقدتها الحداثة الفظة وأنه يتعين رد الاعتبار لها لما يتميز به

من عراقة. ترى ماذا تقول ردا على هذا؟ اعتدت دائما أن أسأل الناس إذا ما ألم بهم صداع أو ألم في الأسنان إن كانوا يفضلون الذهاب إلى طبيب من بابل. ويبدو أن هذا يكفي.

مثلث برمودة

ذاع وشاع مثلث برمودة في صورة أسطورة وقصة. ويوجد وفق ما هو مفترض في المحيط الأطلسي حيث اعتادت، كما يقال، أن تختفي فيه السفن والطائرات على نحو غامض من دون أن تترك أثرا. وأعود لأقول إن السبيل لتناول هذه المشكلة هو أن نسأل ما إذا كانت السفن لاتزال تختفي فعلا في المثلث، وأنها تختفي بأعداد ونسب تختلف عن غيرها من الأماكن. ولعل من حسن الحظ أن مثال مثلث برمودة يصور حقيقة أخرى عن العلم الزائف. إن أي أسطورة تصمد للزمن وقتا كافيا لا بد عاجلا أم آجلا أن يظهر شخص يضيق بها ويبدأ في التساؤل بشأنها ومراجعتها ويؤلف عنها كتابا يعفيك من مشاق البحث عن الحقيقة بنفسك.

وفي هذا الصدد، فإن كتابا بعنوان: «الكشف عن حل لغز مثلث برمودة»، لمؤلفه لاري كوشي، وهو قيِّم مكتبة ومعني بالأبحاث ومعلِّم طيران، قد أعفانا من عناء البحث. يكشف الكتاب عن جهود كوشي الذي لم يهدأ أو يمل في البحث والاطلاع بين السجلات التاريخية. واستطاع بعد جهد جهيد في التوثيق أن يوضح دور الإعلام في صياغة أسطورة مثلث برمودة على مدى عقود. وكشف عن دور المراسلين الذين حوروا الأحداث وصاغوها على نحو يتلاءم مع قصصهم. ولعل النوادر المفضلة عندي هي السفينة التي قيل إنها فقدت في المثلث، ثم تبين بعد ذلك أنها غرقت في المحيط الهادئ، ولغز الاختفاء الغامض لطائرة حلَّقت في الحقيقة وسط إعصار مدمر.

رواد الفضاء في العصور القديمة

أعتقد أن كل عالم يجد نفسه في فترة من حياته مدينا لمجتمعه بفضل العلم الزائف في عصره. وهذه مهمة مثيرة للإحباط، أشبه بعملية إخراج وإزالة النفايات، إذ مهما نبذل الجهد للتنظيف اليوم نجد مزيدا منها غدا.

كنت قد أنهيت فترة خدمتي في أواخر السبعينيات وقتما امتلأ الجو بشائعات عن رواد فضاء هبطوا إلى الأرض في العصور القديمة. ولعلنا لانزال نشاهد مثل هذه الموضوعات في برامج التلفاز في ساعات متأخرة من الليل، وإن توارت على ما يبدو في الوعي العام. وتفيد المقدمة الأساسية لهذه النظرية أن المصريين القدماء كانوا أغبى من أن يستطيعوا بناء شيء بأنفسهم مثل الأهرام، ولذلك لا بد من أن يكون قد ساعدهم على إنجاز هذا العمل فريق مجامل متعاون من زوار الفضاء الخارجي. ونجد عينة من هذا الكلام في كتب كثيرة، منها الزعم أن الأهرام مقامة على مربع كامل دقيق بينما لم يكن في إمكان المصريين عمل أي شيء بمثل هذه الدقة الكاملة.

والتزاما بالحكمة التي أشرت إليها، وهي مراجعة الوقائع، قضيت فترة بعد الظهر على مدى فصل ربيع ممطر في مكتبة جامعة فيرجينيا اطّلعُ وأنقب في القياسات المساحية الفعلية للأهرام (في وسع القارئ الآن أن يجري ذلك على الأرجح عن طريق الحاسوب)، وتبين لي أن القاعدة أبعد ما تكون عن وصفها بالمربع الدقيق كامل الدقة. إذ إن شكل الضلع الأطول لقاعدة هرم خوفو الأكبر أطول بثماني بوصات من الضلع الأقصر. وإذا عرفنا أن طول الضلع نحو 1000 قدم، نجد أن هذا الإنجاز مهمة فريدة في عمل المساحة بالنسبة إلى رجال يمدون الحبال للقياس على أرض رملية فضاء، وهو ما فعله المهندسون المصريون. ولكن ما الرأي بالنسبة إلى هذه المهمة عند رجال المساحة اليوم؟

رغبة في الوصول إلى إجابة قصدت معلما يعلم الهندسة المدنية، المقرر الدراسي الأولي للهندسة المعمارية الذي يرسل جيلا بعد جيل من الطلاب لقياس الأضلاع الأربعة لحرم كليتهم. عرضت عليه خريطة مسح أرض الهرم، وسألته: إذا أرسلت طلابك لعمل خارطة مسح لمربع وعادوا إليك بهذه الخريطة، ما الدرجة التي تعطيهم إياها؟».

أجاب: يرسبون.

وهذه هي المسألة في وضوح. إن الاعتقاد برواد فضاء أتوا من الفضاء الخارجي في العالم القديم معناه الاعتقاد بوجود سلالة من المخلوقات خارج كوكب الأرض تملك تكنولوجيا لوضع تصميم لسفينة فضائية تطير عبر النجوم، ولكنها ترسب في مقرر الهندسة المعمارية الأولي؟

والسؤال الآن إذا كان إثبات خطأ العلم الزائف عن طريق كشف ومراجعة الوقائع بهذا القدر من السهولة، فلماذا لايزال العلم الزائف قائما ومنتشرا حولنا؟ ثمة إجابات كثيرة عن هذا السؤال. إحداها تتضمن حاجة بعض الناس إلى الاعتقاد في شيء أعظم منهم، وفي هذه الحالة يجدون ضالتهم في سلالة خيِّرة من الموجودات الفضائية يقدمون لهم يد المساعدة، بل وربما يحرسونهم. إجابة أخرى هي أن العائد المهني الذي يحصل عليه العلماء مقابل أن يقضوا وقتهم لإثبات هذا الزيف عائد قليل جدا. ويكفي أن أقول إن أبسط مراجعة للتحقق من صدق زعم وارد في كتاب كامل يضم بين دفتيه أخطاء من هذا النوع استغرق مني يومين عملا متواصلا. وإذا نظرت إلى الأمر من زاوية عملي ومصلحتي ربما وجدت أن من الأفضل لي أن أقضي اليومين عاكفا على إنجاز أوراق بحث خاصة بي. لهذا لا غرابة إذ نجد العلماء المنطقيين مع أنفسهم يكتفون بالنظر إلى العلم الزائف ويهزون أكتافهم استهزاء، ثم يعود كل منهم إلى معمله.

النشوء من عدم

أحيانا يصبح العلم الزائف أكثر من مجرد إثارة بسيطة للمشاعر أو سبب للتسلية، ويبدأ يمثل خطرا حقيقيا على التعليم في أمريكا. وتشهد الولايات المتحدة منذ بداية تاريخها جهودا متصلة للزج بشكل من أشكال إمكان نشوء شيء من العدم في المقررات الدراسية بالمدارس. وهذه الجهود مثال جيد لتلك الظاهرة المثيرة والمنذرة بالخطر على التعليم. وأعني هنا الأخذ حرفيا بما قالته التوراة في سفر التكوين. ومحاولة تطبيق ذلك على كل الموجودات وكأنها بدأت كاملة ولم تمر بمراحل تطور. وتأخذ هذه المحاولات أشكالا عدة منها على سبيل المثال ما نشهده أخيرا من رواج عبارة «المدبر الذكي».

جدير بالذكر أن لهذا التوجه تاريخا طويلا في الولايات المتحدة، علاوة على سلسلة ممتدة من القضايا المرفوعة لدى المحاكم، والتي دأبت عامدة على شن الهجمات تلو الهجمات على مقرر البيولوجيا الدراسي. وتشير هذه القضايا عادة إلى أول تعديل في الدستور، والذي ينص في جزء منه على أن

«يحظر على الكونغرس تشــريع أي قانون يدعــم عقيدة معينة...» (*). وتبدأ سلســلة القضايا المرفوعة أمام المحاكم بمحاكمة سكوبس (**) العام 1926، عندما حاولت ولاية تنيسي تجريم تدريس التطور. وأعقبتها قضية ماكلين ضد أركانساس العام 1982، وذلك عندما حاولت ولاية أركانساس أن تخلق توازنا بين الاتجاهين المتقابلين: نظرية الخلق ونظرية التطور. ثم قضية إدواردز ضد أغويلار 1987 عندما حاولت لويزيانا الإقرار بضرورة تدريس النظريتين معا أو رفضهما معا. ثم أخيرا العام 2005 قضية كيتســميللر ضد إدارة مدرسة منطقة دوفر التي حظرت قراءة نصوص دينية في قاعات الدرس.

وتركز الحجج في أغلبية هذه القضايا في شأن تفسير التعديل الأول، ولكن كان للمسائل العلمية دور أيضا. وهكذا تقدم لنا القضايا رؤية نافذة ومثيــرة عن تطور (وعذرا عن الكلمة) التفكير الخاص بالنشــوء من العدم على مدى القرن الماضي. وهذا بدوره يهيئ لنا فرصة لكي نرى كيف يمكن للجوانب المختلفة للمشروع العلمي أن تشارك في السجالات الدائرة.

وسرعان ما قاد السجال إلى مشكلات جديدة مثل البرهنة على أن الأرض أقدم زمنا مما هو شــائع لــدى العامة. مثال ذلك أننا نــرى نجوما على بعد مليارات السنين الضوئية، ما يعني أنه ما كان لنا أن نراها لو كان عمر الأرض - كما يظن البعض - 6 آلاف ســنة. وظهرت كتب تؤكد أن الأرض نشأت منذ عهد قريب وهو 6 آلاف ســنة، لكن على نحو تظهر معه وكأنها قديمة. ونجد هذا في كتاب بعنــوان أومفالوس Omphalos من تأليف فيليب هنري غوس، والمنشــور العام 1857، أي قبل كتاب داروين «أصل الأنواع» بعامين 1859. أومفالوس هي الكلمة اليونانية للســرة، أو ســرة البطن، ويعتمد الكتاب على حجة مفادها أن آدم ظهر إلى الوجود، وله ســرة على الرغم من أنه لم ينشــأ داخل رحم. كذلك وبالمثل ظهر الكون منذ نشــأته في صورة يبدو فيها وكأنه

(*) النص الكامل للتعديل الأول هو: «يحظر على الكونغرس تشريع أي قانون يدعم عقيدة معينة، أو تشــريع أي قانون يمنع ممارســة أي عقيدة، أو تشــريع أي قانون يعطل حرية الرأي أو النشر الصحافي أو حق الناس في إقامة تجمعات ســلمية أو إرســال عرائــض إلى الحكومة للمطالبة برفع الظلم» [المحرّرة].

(**) جون توماس سكوبس (1901 - 1970)، مدرس أمريكي متهم بتدريس التطور في مدرسة في تنيسي [المترجم].

أقدم تاريخا من الحقيقة. ويستطرد الكتاب مؤكدا أن المجرات البعيدة ظهرت إلى الوجود وقد سرى ضوؤها في الفضاء الكوني منذ زمن سابق في الطريق إلى كوكب الأرض.

ويفســـر هذا المذهب كل المعطيات من دون اســـتثناء، ولذلك لن أفنده علـــى نحو ما فعلت مع مثلث برمـــودة ورواد الفضاء في العصور القديمة. ونلاحـــظ أن العلماء ورجال القضاء في رفضهم هذه الصورة من المحاجاة إنما اعتمدوا على قســـمة أخرى مميزة للعلم وهي القسمة التي ناقشناها مـــن قبل، وأعنـــي بها قابلية إثبـــات الزيف. وطبيعـــي ألا توجد تجربة أو مشـــاهدة يمكن أن تبرهن لنا بطلان مثل هـــذا التصور. ويمكن لأصحابه عند مواجهتهم أي اكتشاف علمي جديد أن يقولوا في جرأة: حسن، هكذا كان الكون قديما منذ النشأة، أو هذا هو المعنى المتضمن والذي خفي على الإنســـان ثم كشـــفه العلم. ولكن مثل هذا النهج في المحاجاة لا يكشف عن قـــوة، وإنما يؤكد أنه ليـــس علما، لأن كل نظرية لكي نصفها بالعلمية لا بد أن تكون قابلة لإثبات الزيف.

وظهـــر بعد فترة قصيرة ومنذ عهد قريب جدا ما يســـمى علم الوجود من العدم، وهو الفكرة نفسها في ثوب جديد وتحمل اسم «التدبير الذكي» intelligent design، واحتـــل هذا العلم المزعوم ناصية الموقف. ويتأســـس هـــذا النهج الجديد على فرضية محورية مبناها مفهوم ما يســـمى التعقد غير القابل للاختـــزال irreducible complexity. وجوهر هذه الحجة أن الطبيعة بها منظومات تســـتلزم كثيرا من الأجـــزاء المختلفة والتي لا تعمل إذا ما فقدت جزءا ومن ثم لم تكتمل جميع أجزائها معا. ويشـــير أصحاب هذا الرأي إلى البكتيريا ذات الســـوط، وتجلط الـــدم، وإلى جهاز المناعة، ويـــرون فيها أمثلـــة للتعقد غير القابل للاختـــزال. وتمضي الحجة زاعمة أنـــه احتمال ضعيف جدا القول إن الانتخاب الطبيعي جمع كل أجزاء هذه المنظومات معا وفي وقت واحد، وإنما جمعها تدبير ذكي. وأخذ هذا المنهج طريقه إلى القضاء للفصل في الدعاوى بشأنه، وذلك في مدينة دوفر في بنســـلفانيا. وحدث أن صوَّت أعضاء مجلس إدارة المدرســـة على أن يكون موضـــوع التدبير الذكي مـــن بين موضوعات المطالعة في الصف التاســـع

العلمي. بيد أن المدرسين رفضوا ذلك تأسيسا على أن القرار يخالف التزامهم الذي يلزمهم بتعليم العلم الأفضل. وأقام أولياء الأمور دعوى أمام القضاء وانتقلت القضية إلى المحكمة الفدرالية.

وليس هنا المكان المناسب لكي نعيد على القارئ الحجج العلمية الرافضة، لكن يكفي أن نقول إن القاضي جاك جونز قدم شهادة علمية تعتبر حقيقة إحدى روائع الحجج العلمية (3). وفند جميع الآراء غير العلمية بأسلوب قوي وذكي، ودحض الزعم بأن المنظومات الطبيعية تكشف عن تعقد غير قابل للاختزال، وتناول هذا الزعم بالتفنيد نقطة نقطة.

ويلاحظ هنا أن عبارة مثل «تتضمن الطبيعة منظومات تكشف عن تعقد غير قابل للاختزال» تبدو في ظاهرها وكأنها فرض علمي جيد، يمكن اختباره عن طريق الملاحظة. ولكن إذا ما اختبرناها اتضح زيفها، وهي مثال لنظرية زائفة في حقيقتها، وإن كانت في ظاهرها قابلة لإثبات زيفها، وتشبه هنا نظرية «الأرض مسطحة».

النتيجة

ختاما هناك عدد صغير نسبيا من الخصائص التي تحدد لنا ماهية المشروع الذي نسميه علما. تتضمن الأفكار الأساسية ملاحظة العالم والاختبار الدائم للنظريات في ضوء الطبيعة، والالتزام بشرط أساسي هو أن كل ما نسميه علما لا بد أن يكون قابلا للاختبار.

ويبدو في ضوء ما سبق أن هذه هي أبسط الشروط اللازم توافرها في أي جهد فكري، والذي حقق مثل هذه التغيرات الهائلة في وضع البشرية. والسؤال كيف تسنى لمثل هذا المنهج البسيط أن يحدث ثورة في طبيعة الوجود البشري وأن ينتج أشكالا جديدة من الثروة والرخاء؟ وهذا هو موضوعنا في الفصل السابع. لكن قبل أن نشرع في الإجابة أود أن أعرج على سؤال: كيف وفر لنا هذا المنهج بنية معرفية يتعين أن يلم بها كل مواطن؟ أو أقول بعبارة أخرى، سوف أتناول موضوع الثقافة العلمية أو لنقل محو الأمية العلمية.

* * *

2

محو الأمية العلمية: ماذا يعني؟

«إن قليلا من القدرة على التذكر لن يضر أحدا، شريطة ألا يهبط مستوى العملية إلى حد ممارسة تعلم من دون فهم»

المؤلف

القسط الأكبر من هذا الكتاب سوف يقترن بمناقشة أفضل السبل لمحو الأمية العلمية، أو للتزود بالمعارف الأولية العلمية من خلال نظامنا التعليمي. لذلك نرى لزاما أن يتوافر لدينا تعريف محدد وواضح لمعناه قبل أن أبدأ الحديث عن برامج تنفيذ ذلك. وأود أن أشير إلى أنني سوف أعرض لمحو الأمية العلمية بأسلوب غير مباشر، ذلك لأن سياق التعريف الذي أقدمه يعادل في أهميته أهمية التعريف ذاته. وجدير بالذكر أنني أرى محو الأمية العلمية لبنة واحدة في بنية أكبر نسميها محو الأمية الثقافية، أو الإحاطة بالمعارف الأساسية للثقافة، لكن هذه اللبنة لها قضاياها ومشكلاتها الخاصة بها. لذلك

فإنني أعتزم البدء بالموضوع الأوسع أفقا، ثم أركز الاهتمام بعد ذلك على هذا القطاع من الإحاطة بالمعارف الأساسية للثقافة وثيقة الصلة بالعلم والتكنولوجيا، والتي لن يجانبنا الصواب إذا وصفناها بعبارة محو الأمية العلمية. وسوف أناقش في فصول تالية أسباب أهمية محو الأمية العلمية، وأقترح سبل تضمينه في نظامنا التعليمي.

المعارف الأساسية الثقافية

محو الأمية العلمية هو توافر المعارف التي يفترض أهل العلم في زمان ومكان محددين أنها متوافرة لدى غيرهم من الناس.

مثال ذلك أن صحف الغد يمكن أن تتضمن مقالا عن مكسيكو سيتي. ونلحظ أن الكاتب أو المحرر لا يقول: «في مكسيكو سيتي اليوم، آه أذكر بالمناسبة أن مكسيكو سيتي هي عاصمة المكسيك، وهي بلد تشترك مع الولايات المتحدة في حدودها الجنوبية». لن يقول أحدهما ذلك، لأن كلا منهما يفترض أن قراءهما يعرفون جيدا أين تقع مدينة مكسيكو سيتي، وأين تقع المكسيك، علاوة على بعض المعلومات عن العلاقات الحالية وكذا في الماضي بين المكسيك والولايات المتحدة. ونظرا إلى أن المحرر أو الكاتب يفترض أن القراء على علم مسبق بهذه المعارف، فإن أحدهما لن يجشم نفسه مهمة إخبار قرائه عن شيء منها. ويعني هذا بدوره أن القراء إذا كانوا على غير علم بهذه المعارف فذلك من سوء حظهم، ولا شيء آخر. ومن ثم لن يعرفوا شيئا عن موضوع المقال.

وهنا نقول إن جميع المعارف صغيرها وكبيرها التي يفترض الناس أنها متوافرة لدينا هي ما نسميه المعارف الأساسية الثقافية، وكم هو مهم أن ندرك أن ما أتحدث عنه هنا ليس سوى حقيقة تجريبية معيشة خالصة. وسواء قبلنا هذه الافتراضات أم لم نقبلها، نقول إنها واقع معيش الآن، وأن من يفتقر إلى أهم لبنات هذه المنظومة من المعارف لن يستطيع فهم بعض عناصر المناقشة - وربما هي العناصر المهمة - التي تجري على نطاق المجتمع باتساعه.

جدير بالذكر أنني حين أريد التأكيد على هذا بالنسبة إلى من يعتمدون مثل هذه الافتراضات في الحياة الواقعية، فإنني غالبا ما ألجأ إلى استخدام الرسوم التعبيرية المتحركة «الكارتون» التي أستمدها من

منشـــورات معينة مثل صحيفة «النيويوركر». ويوضح أفضل هذه الرســـوم التعبيريـــة في نظري رجلين ملتحيين يرتديان رداءين طويلين، ويحيط بهما أزواج من الحيوانات. ويقف الجميع على متن قارب خشـــبي كبير، وقد بدا واضحا أنه يوشـــك أن يغرق. وتقرأ العبارة التالية المكتوبة كشـــعار للرسم «كنت أعرف أن طيور نقاري الخشب هذه ستكون مشكلة»!

نعم، إنه رســـم كارتوني هزلي، بيد أنني أود من القارئ أن يفكر لحظة في جميع المعارف التي افترض رســـام الكارتون أنك على علم بها. إنه لم يقل أي شـــيء عن نوح أو عن إصحاح التكوين في التوراة أو عن الأربعين يومـــا والأربعين ليلة من المطر المدرار ولا حتى عن الحيوانات المجمعة من كل زوجـــين اثنـــين، إنما افترض أنك تعرف هذا كلـــه. وطبيعي أن الفكرة الأساســـية هنا هي أنك إذا لم تكن تعرف فلـــن تكون لديك أي فكرة عن موضوع رســـم الكارتون. وعلى الرغم من أن فهم رســـم الكارتون قد يبدو عاديا فإن كل اتصال، ســـواء كان عاديـــا أو مبتذلا أو جادا، يتضمن النوع نفسه من الافتراضات التي يتأسس عليها. وإذا كان الحديث عن شيء مثل قضية سياســـية معاصرة بدلا من رســـم الكارتون، فإن عدم فهم الموضوع قد تترتب عليه نتائج خطيرة، ســـواء بالنســـبة إلى الفرد أو بالنســـبة إلى المجتمع ككل.

ورغبة مني في التأكيـــد على حقيقة مؤداها أنني أقدم زعما تجريبيا معيشـــا، ليســـمح لي القـــارئ بأن أقص عليـــه تجربة عشـــتها منذ عدة ســـنوات. شغلت ســـنوات طويلة منصب مستشـــار علمي ومحرر مشارك لمجلة ســـميثونيان ماغازين، وهي صحيفة تصل إلى أيدي عدة ملايين من الأمريكيين ذوي المســـتوى التعليمي الرفيع. وحـــدث ذات يوم، بينما كنت أتنـــاول طعام الغداء مع أعضاء هيئـــة التحرير، أن قررت أن أجري معهم تجربة صغيرة.

سألتهم: هل لي أن أستخدم مصطلح «الانطباعية» من دون تفسيره للقراء؟

– طبعا، بكل تأكيد، إنهم يقينا يعرفون معناه.

– وهو كذلك، وماذا عن «التعبيرية التجريدية»؟

– لا، لا، يجب تفسيرها.

أو لنقل بعبارة أخرى، كان هناك خط فاصل واضح في عقولهم بين ما هو معروف مسبقا لدى قرائهم وما يتعين بيانه لهم. وحرصت منذ ذلك الوقت على أن أجري هذا التمرين نفسه مع جميع الناس على اختلاف مشاربهم ممن يشاركون في الاتصال بالجماهير، ناشرين وكتابا ومذيعين وغيرهم. ووجدت أن كلا منهم لديه الخط الفاصل ذاته في عقولهم. وتبين لي أن بعضا من رصيدهم الذهني يمثل، بلغتي الخاصة، فهما واضحا لحدود المعارف الأساسية للثقافة.

وطبيعي أن هذه الحدود يمكن أن تختلف بدرجة ما من صحيفة إلى أخرى، لكن الاختلاف ليس كبيرا جدا. وحري أن أشير إلى أن إحدى وسائلي المفضلة لتوضيح هذه الفكرة أن أشير إلى مقال ظهر في صفحات الرياضة من صحيفة «يو إس إيه توداي»، وهو المكان الذي قد لا يتوقع أكثرنا أن يجد لدى قرائه مستويات عالية من المعارف الأساسية الثقافية، ويعرض المقال مشادة حدثت في أثناء لعبة الهوكي، وبدأ الشجار بجملة تقول: «عندما يلتقي هؤلاء الرجال في ساحة التحدي فلن يكون الأمر شأن جلوس سقراط وأفلاطون ليتحدثا تحت ظل شجرة». هكذا كانت بالنص. ولم يأت ذكر الإغريق أو الفلسفة أو عصر أثينا الذهبي. وافترض الكاتب ومحرروه أن الإشارة هنا سوف تستحضر إلى الذهن صورا لفلاسفة ملتحين في لباس روماني فضفاض، يعمدون في هدوء وسلام إلى استكشاف الجوانب المعقدة لموضوعات فكرية تخص الصفوة من أهل الفكر. وافترضوا كذلك أن العبارة لها جاذبيتها النابعة من التقابل بين هذه الصور وحال الرجال الذين يتبادلون الضربات القوية في ساحة اللعب.

جدير بالذكر أن مدخلي إلى مفهوم المعارف الأولية الثقافية جاء عبر أسلوب غريب. ذلك أنني حين كنت جالسا في مكتبي في جامعة فرجينيا جاءتني مكالمة هاتفية من زميلي إي. دون هيرش. وكان دون أستاذا للغة الإنجليزية وقضى شوطا كبيرا في تطوير المفاهيم الأساسية النظرية لمجال تخصصه. وهاهنا وجد نفسه وصل إلى نقطة يريد عندها الإفصاح صراحة عن المحتوى. قصد مكتب العميد يسأله دعما للمشروع، وسأله العميد سؤالا بسيطا: «هل يشاركك في هذا أي من العلماء؟» وساقه السؤال

إلى المكالمة الهاتفية. وكان رد فعلي الأولي وفق ما عرض «دون» أفكاره لي أن قلت: «إيه، هذا مشـــروع محكم دقيق. حري أن نتمكن من إنجازه ونحن نحتسي ذات مساء زجاجتين من شـــراب البيرة». وهأنذا الآن أراني وبعد عشرين عاما من التطوير والدراسة الجادة أتساءل في دهشة أحيانا، ماذا كنت سأفعل لو أنني عرفت كيف كان سيتطور المشروع ويكبر.

علـــى أي حال، أضاف دون إلينا جو كيت، المؤرخ البارز، وانبرينا ثلاثتنا للإجابة عن سؤال بسيط: إذا افترضنا أن ثمة - حقيقة - جملة من المعارف التي تمثل المعارف الأولية الثقافية الأمريكية في الثمانينيات (آنذاك)، فما تلـــك المعارف تحديدا التي تشـــملها هذه البنية؟ وتبين لنـــا في النهاية أن الدفاع النظري المجرد عن شيء ما مثل مفهوم المعارف الأساسية الثقافية هو أمر مغاير ومختلف عن أن يكون عندي شـــيء واضح أشير إليه، وأزعم أنه الشيء الذي يتعين أن يعرفه كل امرئ على السواء.

كان أول شـــيء أدركنـــاه هو أن المعارف الأولية الثقافية ليســـت مجرد مجموعـــة من الحقائق (وهي شـــكوى متكررة ضدنا). إنهـــا مزيج متنافر من الأشـــياء، حقائق وأفكار وارتباطـــات وصور. ووصل بي الأمر إلى أنني تصورتها أشبه بنوع من العناصر المركبة التي تؤلف معا مجموعة المعارف، حيث تتوحد وتتكامل فيها أفكار ومفاهيم جديدة.

وشرعت أيضا في التفكير في المعارف الأولية الثقافية (والمجال الفرعي للمعارف الأولية العلمية) باعتبارها شيئا يشبه كود أو شفرة البناء للمنظومة التعليمية. إنك إذا نظرت إلى كود البناء في مجتمعك فستجد قوائم طويلة مـــن القواعد والقوانـــين، مثال ذلك أنك إذا كنت تريـــد نافذة بحجم معين في هذا الجدار فإن العارضة الخشـــبية فوقها ستكون بالحجم نفسه. وإذا أردت مقبســـا للتيار الكهربائي في هذا الموضع تحديدا، فإنه يتعين توصيل الأســـلاك بطريقة معينة، وهكـــذا. معنى هذا أن كود البنـــاء يحدد المعيار الأدنى للمباني، ولا يمكن بناء أي شيء في المجتمع من دون هذا المعيار.

وســـوف أؤكد بالأسلوب نفسه، أن ليس لامرئ أن يكمل نظام التعليم الأمريكـــي من دون تحصيـــل عناصر المعـــارف التي تحددهـــا المبادئ الأساســـية الثقافيـــة. لكن مثلما يســـتطيع الناس (وغالبـــا ما يفعلون)

تشـــييد أبنية تتجاوز كود البناء المحلي، فإننا لا نرى ســـببا يبرر توقف التعليم عند اســـتيفاء عناصر المعارف الأساسية للثقافة. وأراني أتوقع، خصوصا على مســـتوى الجماعة، أن تواصل مهارات المســـتوى الأعلى عملية التعلم. ووفق هذا المخطط تصبح المعارف الأساسية الثقافية هي القاعدة والأساس اللذين ينبني عليهما كل ما عدا ذلك من عملية التعلم عند الشخص.

وأود أن أوضح أهمية المعارف الأولية الثقافية بمثال أقتبسه من هيرش. لنفكر معا في النص التالي:

> **عليك أولا وضع الأشياء في أكوام. قد يكون لديك أكثر من واحد. ويتوقف الأمر هنا على العدد الذي يتعين عليك تجهيزه. ثم يجب عليك تهيئة المعدات، لا يكاد يتم كل ذلك حتى يكون كل شيء على ما يرام.**

إذا كنت مثلي في الحال نفســـها التي كنت عليها وقت أن صادفت هذا النص فســـوف يواتيك على الأرجح شعور بالحيرة الذهنية، ترى أي شيء فـــي هذا العالم يحدثنا عنه؟ يبدو الأمر كله بلا معنى. ولكن دعني أزودك بعناصر المعـــارف اللازمة لك لفهم هذا النص: أتخيـــل عنوانا للنص مثل «إعداد الغسيل»، ذلك الفهم المفاجئ الذي يواتيك هنا يؤكد أهمية المعارف الثقافية الأساسية أكثر من أي حجة أخرى أسوقها.

ويوجد، كما تبين لنا، قدر كبير من البحوث في علم نفس التعلم تدعم فكـــرة أن الناس تتعلم على نحو أفضـــل، عندما تكون بمقدورهم ملاءمة معلومات جديـــدة مع العناصر الموجودة من المعـــارف. وحقيقة الأمر أن هذه الخاصية المميزة للعقل البشـــري هي التي سعى دون هيرش إلى أن يستعيدها إلى الذاكرة بينما كان مستغرقا في سرد ذكرياته عن اكتشافه للمعـــارف الأولية الثقافيـــة. إذ كان يبحث عن الدور الـــذي يمكن له أن يســـميه «النحو الجيد» good grammar عندما أعطى مجموعات منتقاة من الطـــلاب نصوصا مكتوبة بلغة إنجليزية رديئـــة وجيدة، ثم اختبرهم بعد ذلك ليعرف عاملي الســـرعة والفهم. وطبيعـــي أن يتوقع القارئ أنه قـــد تبين له أن الطـــلاب أجادوا على نحو أفضل مـــع النصوص المكتوبة

بإنجليزية جيدة. بيد أنه أصيب بصدمة في كلية حكومية في ريتشموند في فيرجينيا، حين وجد أن أحدا من الطلاب لم يحقق إنجازا جيدا جدا مع النصوص بغض النظر عن مدى جودة اللغة الإنجليزية لأي منها. وتضمن النص تفاعلا بين ستونوول جاكسون وجيفرسون ديفيز، ولحظ عندما أجرى لقاء مع الطلاب أن أحدا منهم لا يعرف هذين الشخصين. ولنا أن نقول، تأسيسا على المثال السابق، إنهم لا يعرفون شيئا عن عناصر المهمة، مما جعل من العسير عليهم فهم الفقرة التي طلب منهم الباحث قراءتها.

جدير بالذكر أن كتاب هيرش «المعارف الأولية الثقافية» تضمن وقت صدوره - العام 1987 - حوارا طويلا عن الأدب الذائع الذي يدعم فكرة أن من لديهم إحاطة جيدة بالمكونات الأساسية للمعرفة يتفوقون في تحصيلهم التعليمي على من هم دونهم إحاطة. ولعل ما يثير جدلا أكثر هو أن الكتاب تضمن أيضا قائمة بالمصطلحات التي تصورنا، وفق تفكيرنا، أنها تمثل الحد الأدنى من المعارف التي يتعين توافرها للأداء الجيد داخل المجتمع الأمريكي. وأصدر بعد ذلك كل من هيرش وكيت وتريفيل «قاموس المعارف الأولية الثقافية»، الذي تضمن قائمة موسعة مع تعريفات وبيان للروابط المشتركة. والملاحظ أن كلا الكتابين حققا نتائج جيدة منذ أن فرغنا منهما على الرغم من أننا اضطررنا إلى الاتصال بأكثر من 20 ناشرا قبل أن نجد ناشرا واتته الشجاعة اللازمة ليوافقنا الرأي ويقبل التحدي. وأشعر بالدهشة (والامتنان) دائما كلما خطوت داخل مكتب ما لأرى «القاموس» قابعا فوق رف، وقد بدا واضحا أن كثيرين قد تفحصوه.

ولم تكد أفكارنا تذيع وتصبح معروفة للجميع حتى حدث ما توقعناه، وهو أن الصحافة الأكاديمية أثارت اعتراضات جادة ضد مجمل مشروع المعارف الأولية الثقافية. وكثيرا ما صادفتني هذه الاعتراضات منذ ذلك الحين حتى أصبحت أتناولها وأعالجها بشكل عادي في محاضراتي، بدلا من أن أنتظر إلى حين إثارتها ضدي في أثناء جدال. وأعرض فيما يلي الاعتراضات الثلاثة الرئيسية وإجاباتي عليها.

ألا تختص المعارف الأولية الثقافية بتذكر الوقائع فقط؟

كما أسلفت سابقا تتضمن بنية المعارف المسماة المعارف الأولية الثقافية مـــا يتجاوز كثيرا الحقائق التي تشـــملها. نعم، إنها تتضمن حقائق بطبيعة الحال، لكنها تشتمل أيضا على مفاهيم وتعميمات ومبادئ أساسية وروابط وقوانين. لكن لنفترض أنها ليســـت كذلك، أي لنفترض أنها مجرد مسألة تذكر فقط لكم كبير من الحقائق. هل في هذا ما يخيفنا؟

عندما كنت صبيا أشـــب وأترعرع وسط ضاحية عمالية في شيكاغو، اعتاد الأطفال لعب لعبة اسمها كرة الحي. كانوا يلعبونها مستخدمين عصا البيســـبول وكرات التنـــس. وكانت الفكرة أن يختـــار كل طفل فريقا قوميا ليمثلـــه (لقد شـــببت في حي من المدينة ورثنا فيـــه فريق الكبس والدوري القومـــي) ويتعين على الصبي الذي يتجه ليضرب بالعصا أن ينتحي جانبا وراء فريقـــه الذي يمثله ويضرب بيده اليمنى أو اليســـرى وفق براعته في اســـتخدام يديه. وهكـــذا كان كل صبي، وفق ما هـــو متوقع، يعرف ترتيبه داخل الفرق القومية، ويعرف إن كان اللاعب أيمن أم أعســـر في استخدام يديـــه. وطبيعي أن تذكر هـــذه القوائم لم يكن عملا صعبا، بل هو جزء من حياتنا في ضاحيتنا والذي تحقق استيعابه بالمعايشة المشتركة.

والفكرة هنا أن الصبية سيتذكرون بطبيعة الحال كل ما يتعلق باللعبة وفريق اللعب على اختلاف أشـــكاله وترتيب كل منهم في اللعب، وأشـــكال السيارات وحياة نجوم السينما... إلخ. ترى ما الخطأ في استيعاب هذه المهارة مما يجعل بالإمكان تذكر شـــيء مفيد؟ إن قليلا من القدرة علـــى التذكر لن يضر أحدا، شريطة ألا يهبط مستوى العملية إلى حد ممارسة تعلم من دون فهم.

وأقول، من باب التسجيل، إنني لا أتذكر مرة واحدة خلال عملي احتجت فيها إلى معرفة ترتيب اللعب لأي فريق قومي، سواء في الخمسينيات أو بعد ذلك.

ألا يغفل هذا الطبيعة التعددية للمجتمع الأمريكي؟

ليســـمح لي القارئ بأن أســـتخدم مثالا من أحداث طفولتي لمناقشة هذه الفكرة. شببت في ضاحية متعددة الأعراق، حيث للمرء أن يسمع في طرقاتها الحديث بالتشيكية وبالإنجليزية على السواء. واعتدت الذهاب في النهار إلى

مدرسة عامة، حيث تعلمت هناك بالإنجليزية عما سميته المعارف الأولية الثقافية الأمريكية. بيد أنني اعتدت أن أذهب مرتين بعد الظهر من كل أسبوع إلى بناية مختلفة تقع في ناحية مختلفة من المدينة، حيث أتعلم بلغة مختلفة أشياء عن الثقافة التشيكية والمورافية التي هي إرثي الشخصي.

أعطتني هذه الخبرة رؤية واضحة عن أمريكا ذات الثقافات المتعددة. وأصبحت أتصور البلد وكأنه تجمُّع من بيوت بنيت فوق ساحة مشاع مترامية الأطراف. وتصورت كأن لكل بيت فناءه الخلفي، وأن اللغة في بعض هذه الأفنية مثل فناء بيتي، يمكن أن تكون أي شيء غير الإنجليزية. ومن ثم فإن هذا الفناء الخلفي هو مقصدك حيث تعايش من هم مثلك. وإذا شئت التحدث إلى بعض من يعيشون في الأفنية الأخرى - ناس على غير شاكلتك - فإن عليك الخروج إلى الساحة المشاع المشتركة. إذ هذه هي الساحة التي يتواصل فيها جميع الأمريكيين، وإن هذا النوع من التواصل يستلزم قاعدة من المعارف المشتركة. وهذه هي المعارف التي سميتها المعارف الأولية الثقافية. ووفق هذا المعنى، فإن المعارف الأولية الثقافية هي كل ما يتعلق بما هو مشترك مع الإحاطة السطحية بما يتعلق بالأفنية الخلفية.

وإذا ما تصور القارئ صورة مجتمع متعدد الثقافات مثل المجتمع الذي رسمت صورته فيما سلف، فإنه سرعان ما يدرك أنه من دون المعارف الأولية الثقافية المشتركة التي تربط بين مكوناته المختلفة فإنه سوف يتفكك حتما. إذ هنا سيفقد الناس ممن يقطنون في الأفنية المختلفة أي وسيلة للتحدث بعضهم مع بعض. وعندي أن المعلمين والباحثين عمدوا على مدى عقود طويلة مضت إلى تركيز انتباههم على الأفنية وأغفلوا ما هو مشترك. ومن ثم فإن الانتباه إلى المعارف الأولية الثقافية والعلمية هو محاولة لتعويض وإصلاح ما أغفلناه سابقا.

ألا تتغير المعارف الأولية الثقافية بتغير الزمان والمكان؟

نعم، تثار هذه القضية عادة للدفع باستحالة التحديد الفعلي لمحتوى المعارف الأولية الثقافية، حتى وإن سلمنا بحقيقة وجودها. وتوجد الآن لحسن الحظ بشأن هذه القضية معلومات متراكمة، يمكنها أن تنقلنا إلى

إجابات كمية عن الأسـئلة المتعلقة بالتغيرات الزمانية والجغرافية. والمعروف أن «قامـوس المعارف الأولية الثقافية» صدرت طبعته الأولى في العام 1988، ونحـن الآن بصدد إصدار الطبعة الثالثة. وصـدرت الطبعة الثانية في العام 1993. وحفزت إلى إصدارها التغيرات السياسـية الواسـعة المقترنة بانهيار الإمبراطورية السوفييتية. إذ فجأة أصبح من الأهمية البالغة كمثال أن نعرف أين تقع كازاخسـتان. وصدرت الطبعة الثالثة فـي العام 2002، وحفز إليها بشكل أساسي الانفجار الذي شهدته تكنولوجيا المعلومات والبيولوجيا الجزيئية في التسـعينيات من القرن العشرين. معنى هذا أنه أصبح من المتعين إضافة مصطلحات جديدة مثل الاستنساخ والخلية الجذعية وصفحة الويب.

وهاقد أصبح لدينا، بفضل هذا التاريخ، سجلا طويلا عن تطور المعارف الأولية الثقافية. ويبدو في الأسـاس أنه يتغيـر بمعدل يكاد لا يقل عن 1 في المائة سـنويا - وهو المعدل نفسه لتراكم التغيرات في اللغة الإنجليزية نفسـها - وهكذا فإن متابعة المعـارف الأولية الثقافيـة ليس أصعب من ملاحقة التغيرات الحتمية التي يشهدها قاموس عادي.

وأذكر بهذه المناسـبة أن خبرتي عن المشاركة في هذه المراجعات هيأت لي رؤية نافذة بشأن الاعتراض الأول الذي أثاره البعض، أعني الاعتراض الذي يثير مسألة «الواقع». جدير بالإشارة هنا أن ما أذهلني أنني اكتشفت أن عددا من المدخلات أي مفردات أقسـام العلم، تتعين مراجعتها بسـبب الأحـداث التي شـهدتها الإمبراطورية السـوفييتية السـابقة. مثال ذلك مصطلح قمـر أو تابع - قمر اصطناعي، في مدخل علم الفلك، إذ وجدنا إحالـة تقاطعيـة cross reference إلى الأمم التابعـة، أي الدائرة في الفلك من بلدان شرق ووسط أوروبا. (ولتوضيح الأمر للقراء الشباب أقول إن هذه المجموعة من الأقطار نشـير إليها الآن بعبـارة أوروبا الجديدة). وأصبح لزاما إسقاط هذه الإحالة التقاطعية. وهذا مثال جيد عن الطبيعة المتداخلة للمعارف في بنية المعارف الأولية الثقافية.

ونظـرا إلى تباين المعارف الأولية الثقافية من بلد إلى آخر، لذلك نجد أن هناك أيضا معلومات في القاموس يمكن تغييرها لتواكب الأحداث بعد أن تُرجم القاموس إلى عدد من اللغات الأجنبية. ويعمد الناشرون، لإنجاز

هـــذه العملية، إلى تشـــكيل فريق عملي من الباحثـــين لجعل النص ملائما للقراء. وتحققت نتائج متميزة جدا وفق ما توقعنا. لقد ظلت أقســـام العلم من دون تغيير كبير (إذ إن العلم في النهاية لا يحترم الحدود القومية) هذا بينما أقســـام الأدب والتاريخ صادفت قدرا مـــن التعديل. وأذكر كمثال أن الطبعة الســـويدية من القاموس تضمنت مفردة مشروحة عن غوستافوس أدولفوس، ولم تتضمن جون آدمز.

وهكـــذا لي أن أقول في الختام، مع قـــدر من الثقة، أن المعارف الأولية الثقافيـــة تتغير حقا مـــع الزمن، ومن مكان إلى مـــكان لكنها تتغير بطرق ووسائل يمكن التنبؤ بها والتحكم فيها.

المعارف الأولية العلمية

إحدى الســـبل للنظر إلى ألف باء المعرفـــة العلمية هي القول إنها جزء من ألف باء الثقافة والمتعلق بالعلم والتكنولوجيا. وإذ نقول ذلك يصبح من المتعـــين أن نقر بوجود فارق طفيف بين هذين النوعين من المعارف الأولية. وتنبني دراســـة ألف باء المعرفة الثقافية علـــى فكرة مفادها بأن المواطنين بحاجة إلى معرفة أشـــياء معينة، لأن آخرين ســـيقولون إنهم على علم بها. بيد أننا حين نتجه إلى ألف باء المعارف العلمية فإن دراســـتنا سوف يطرأ عليهـــا بعض التغيرات. ونحن لانـــزال هنا نتحدث عن المعارف التي يحتاج إليها الناس، ولكن ســـبب الحاجة إليها هنا مختلف. إننا حين نتحدث عن المعارف العلمية التي يتضمنها الإطار المعرفي المنشود نجد لزاما أن نسأل: ما المعارف التي يحتاج إليها الناس لكي يتمكنوا من المشـــاركة في مختلف أشكال الحوارات التي سوف تشـــملهم كمواطنين. ونلحظ هنا أن الحاجة إلـــى المعرفة لاتزال هي الحجة الأساســـية، لكن ســـبب تلك الحجة يطرأ عليـــه تحول طفيف مع انتقالنا من الإنســـانيات والعلـــوم الاجتماعية إلى العلـــوم الطبيعية. ويبدو واضحا أن الحجة فـــي الحالة الأولى تنبني على واقع عملي هو أن الناس ســـتكون لديهم افتراضاتهم بشأن ما تعرفه أنت. لكن الأمر في الحالة الأخرى يتعلق بمسائل من نوع خاص من شأنها على الأرجح أن تظهر مؤثرة في حياة المرء.

وتأسيسا على هذه الحقيقة، نجد أن بوسعنا البدء بوضع تعريف يحدد معنـــى ألف باء المعارف العلمية. إن ما يحتاج الناس إلى معرفته عن الكون الذي نعيش فيه هو المبادئ الأساسية التي يعمل بمقتضاها. واعتدت كثيرا في أثناء تدريســـي أن أدعم محاولتي لغـــرس وتلقين هذه المبادئ، أن أزود طلابي بمجموعة من أسطوانات «دي في دي» المتضمنة لموضوعات ذهنية، والتي تفســـر كل منها جانبا من جوانب العالم من حولنا. مثال ذلك أنه إذا حـــدث أن صادف أحد الطلاب مـــادة إخبارية عن الخلايا الجذعية، فإنه يســـتخرج أســـطوانة الـ «دي في دي» التي تحمل عنوان «خلايا» ويتصفح القسم الخاص بالنمو وتجليات الجين. وهكذا تتوافر لدى الطالب الخلفية العلمية اللازمة لفهم ما يتعلق بالمادة الإخبارية. معنى هذا عمليا أن الطالب أو الطالبة عرف مفتاح «قوائم وبنود المســـألة» التي استخدمناها لتوضيح مفهوم ألف باء الثقافة، أو المعارف الأولية الثقافية.

يقودنا هذا إلى تعريف عام لمعنى ألف باء المعارف العلمية:

المعـــارف الأوليـــة العلمية هي الإطـــار المعرفي اللازم لكي يتوافـــر للمـــرء فهم كافٍ عـــن الكون، بحيث يمكنـــه التعامل مع القضايا التي تعرض لنا في حياتنا، ســـواء عبر الأخبار أو في غيرها.

وليسمح لي القارئ بأن أتوسع في هذا التعريف في ضوء مثال أقدمه. إنني وأنا أســـطر هذا الكتـــاب يعود الجدل ليحتدم ثانية بشـــأن موضوع الخلايا الجذعية. وحري أن أشـــير إلى أن هذا الجدل، كما سوف أوضح في الفصل 3، ليس متعلقا أولا وأساســـا ولا حتى في الغالب الأعم بالعلم، بل يتضمن الطريقة التي ينظر بها الناس إلى قيمة الحياة البشـــرية، وكذا الإجابة عن الســـؤال: متى يكتســـب الحميل أو الجنين صفة وقيمة الكائن الحي. لكن الفكرة الأساسية هنا هي أن القارئ إذا لم يكن يعرف ما الخلية الجذعية أو لا يفهم لماذا قد نحتاج إلى استخلاصها من خلايا الأجنة، فإنه ببســـاطة لن يستوعب موضوع الجدل، ولن يشـــارك في فهم ما يدور. إن القارئ في هذه الحال ســـيكون، عمليا، أشبه بمن يقرأ النص الذي أسلفنا ذكره ولا يعرف شـــيئا عن بنود عملية الغســـل. وأدعو القارئ إلى تناول أي

جــدل دائر آخر - مثــل الاحتباس الحراري والأنواع المهــددة بالانقراض واســتخدام المبيدات - وسوف يتضح له أن أي شخص سيكون بحاجة إلى خلفية علمية محددة لكي يتسنى له المشاركة الجدية والواضحة في الحوار القومي بشأن المسألة.

وطبيعي أن هناك، كما ســوف أبين في الفصول التالية، أسبابا أخرى تبرر الحاجة إلى توافر الإطار الثقافي الذي نتحدث عنه، بيد أنه ســيفيد كتعريف أولي. إن المحتوى الفعلي للمعارف الأولية العلمية (والذي يمكن أن نسميه تعريفا إجرائيا) يمكن تحديده بعدد من الوسائل. مثال ذلك أنني في الفصل 12 أضع خطوطا عامة لتعليم المعارف الأساســية العلمية تأسيسا علــى المبادئ الأساســية الكبرى التي تربط الرؤيــة العلمية للعالم بعضها ببعض في بنية واحــدة. ويمكن للمرء، في المقابل، أن يتحول إلى «قاموس المعارف الأولية الثقافية» الذي يشــتمل على قائمة تفصيلية للمفاهيم ذات الصلة بالمعارف الأساســية العلمية منشورة في 134 صفحة. بيد أننا عند هذه النقطة لسنا في حاجة إلى النزول لهذا المستوى من التخصيص.

ونحن حين ننتقل من تعريف نظري كهذا إلى المشكلات العملية التي تتضمنها عملية تعليم المعارف الأولية العلمية نجد أنفسنا داخل موقف كلاســيكي من «الأخبار الطيبة والأخبار الســيئة». ونجد من الأخبار الطيبــة، على عكس الحال في المباحث العلمية الأخرى، قلة الاختلاف فــي الرأي إلى حد كبير جدا بين العلماء بشــأن ما يؤلف لب مبحثهم العلمي. مثال ذلك أنك ستبذل جهدا شاقا بحثا عمن يدفع بأن قوانين الحركة عند نيوتن أو قوانين الديناميكا الحرارية لا تمثل جزءا محوريا لفهــم الكون. وهنا يحظى معلمــو العلم بميزة تميزهم على غيرهم من معلمي الأدب الإنجليزي كمثال، حيث يمكن أن نشــهد معارك لا نهاية لها بشــأن تحديد أي الأعمــال الروائية تندرج تحــت قاعدة ما وأيها يخرج عنها.

لكن ثمة أخبارا سيئة، ويشهد عليها واقع أن مجالات أخرى في المقررات الدراســية أخفقت في تخريج مواطن على حظ وافر من المعارف الثقافية. كما نجد أن العلوم فعلت ما هو أســوأ. وليســمح لي القــارئ بالعودة إلى

خبرة أخرى من خبراتي مع مجلة سميثونيان لتوضيح هذه النقطة. اعتادت المجلة - كما ذكرت - مخاطبة مستوى رفيع من الجمهور المتعلم. ومع هذا لـم يراودني حلم أن أسـتخدم كلمة مثل «بروتون» في مجلة سـميثونيان مـن دون كتابة توضيح لهـا. واعتدت دائما أن أكتـب «البروتون هو أحد الجسيمات التي تؤلف نواة الذرة...».

وأنا أسمي هذا النهج العبارة الوصفية الحاسمة، لأنها تكشف للقراء عـن اعتقادي أنهم لا يعرفون معنى الكلمـة، ومن ثم فإنهم بحاجة إلى مسـاعدتي لفهم ما يجري. وأعتقد أن إحدى السـبل لمعرفة ما إذا كان كاتب ما يرى أن مصطلحا بذاته يمثل جزءا من المعارف الأولية الثقافية أم لا هـو أن نتبـين ما إذا كان الكاتب اعتاد أن يقـرن المصطلح بعبارة وصفية حاسمة أم لا. (وأقول هنا من باب التسجيل أن زوجتي اعتادت أن تقول لي إن المصطلح العلمي لمثل هذه العبارة هو كلمة البدل).

وطبيعـي أن بؤس حالة المعارف العامة عن العلم له تأثيراته المهمة في تعريف المعارف الأولية العلمية. ذلك لأنه يستلزم منا أن نكون أكثر التزاما بالنص هنا عما هي الحال، كمثال في مناقشة الأدب الإنجليزي. وإذا كان لزاما تعريف المعارف الأولية العلمية في حدود ما يحتاج الناس إلى معرفته لفهم عالمهم، فلن يكون الأمر مجرد سرد قائمة بسيطة بالمفردات التي لنا أن نشـخصها كمعارف مشتركة. لكن، على العكس، سيكون نتاج تداول في الـرأي بين أفضل العلماء والمعلمين لمعرفة مـا حقيقة المعارف التي يحتاج إليهـا الناس عند التعامل مع العلـم والتكنولوجيا بحكم ما لهما من تأثير في حياة المرء.

كمـا أثار بعض الأكاديميـين اعتراضات ضد مفهـوم المعارف الأولية الثقافية، نحسـب أن هـذا النهج في تعلم العلم الـذي يؤكد على المعارف الأولية العلمية سوف يثير حفيظة علماء كثيرين. وسوف أناقش في الفصل العاشر الأهداف المختلفة التي أوضحناها لتعليم العلم في المدارس، وسوف أعرض - بالتفصيل - قضيتي بالنسـبة إلـى المعارف الأولية العلمية. بيد أنني في هذه المناقشـة الاستهلالية سوف أقتصر على بيان عدد قليل من الأمور التي ليست من المعارف الأولية العلمية، ولا تدخل ضمنها.

إنها لا تتعلق بالرياضيات

الرياضيات هي لغة العلم الطبيعية. وليس من قبيل المصادفة التاريخية أن كان لزاما، أن ننتظر أول نظرة علمية حديثة عن الكون إلى حين أن ابتكر كل من إسحق نيوتن وغوتفريد ليبنيتس حساب التفاضل والتكامل. ولعل القارئ لن يفاجئه قولي إنني كعالم فيزياء نظرية سوف ألتزم هذه النظرة. ولكن حتى لو كان الباحث عالم إحاثيات اعتاد تحمل المشاق ليتصبب عرقا وتتسخ يداه من أعمال الحفر فإنه سوف يستخدم تقنيات رياضية متقدمة لتحليل بياناته. إن العلم في نهاية المطاف علم كمّي، وتمثل الرياضيات لغته الطبيعية للتعبير عن التقديرات الكمية. وهذا هو كل ما في الأمر.

لكن هذا لا يعني أن الناس بحاجة إلى امتلاك ناصية الصياغات الرياضية للعلوم لكي نمحو أميتهم العلمية. إن من أهم الأسرار المكنونة في العالم حقيقة أن أفكار العلم الأساسية هي أفكار شديدة البساطة، ويمكن لأي امرئ أن يفهمها من دون الرجوع إلى عبارات رياضية طنانة. والمعروف أن الفكرة العامة (وإن لم تكن بالضرورة الفكرة الكمية الجامدة تماما) يمكن إدراكها والتعبير عنها عادة في جملة بسيطة. ولنأخذ كمثال قانون الحركة الثاني عند نيوتن. نعرف أن صيغته الرياضية هي $F = ma$ (القوة تساوي حاصل ضرب الكتلة في السرعة). وسوف أدفع بأن العبارة القائلة «كلما ازدادت قوة دفعك لشيء ازدادت سرعته» هي عبارة جيدة بما يكفي لتوضيح هذا القانون وفاء بغرض محو الأمية العلمية والإحاطة بالمعارف الأولية اللازمة في هذا الصدد.

إنني، لإنجاز هذه الفكرة، كثيرا ما أتحدث عما يدور في فكري بشأن ما أفعله عند الكتابة عن العلم للجمهور. إن ما أفعله في ضوء ما يدور في فكري هو تناول سؤال باللغة الإنجليزية وأترجمه إلى رياضيات مستخدما القواعد المحددة بدقة وصرامة فيما يسمى «القواعد الأساسية» الرياضية للبحث عن الإجابة، ثم أعود في النهاية إلى ترجمة هذه الإجابة إلى اللغة الإنجليزية. وطبيعي أنني في غمرة هذه العملية أسقط من حسابي شرطا يقضي بأن يكون قارئي قادرا على التعامل مع الرياضيات لكي يتسنى له فهم الأفكار الأساسية عن العلم.

ويصبح هذا التناظر، وبشــكل عرضي، مفيدا جــدا حين يضطر المرء إلى تفســير أسباب العجز عن الإجابة عن أســئلة لا يمكن ترجمتها إلى رياضيات بينما هي ذات معنى مفيد بالإنجليزية. وخير مثال على ذلك ســؤال مثل «ماذا حدث قبل الانفجار العظيم؟» وهذا سؤال يتكرر كثيرا. ويرجع العجز عن الإجابة إلــى واقع محدد هو أن عبــارة «قبل الانفجار العظيم» ليســت مفهوما يمكن ترجمته إلى رياضيات. ويعادل هذا الســؤال سؤالنا: «ماذا يوجد شمال القطب الشمالي؟»، والمشكلة هنا ليست أنه لا يوجد شيء شمال القطب الشمالي، لكن المشكلة أنه لا يوجد شيء محدد تماما شمال القطب الشمالي.

ويعتــرض البعض على تجنب الرياضيات بهذه الطريقة تأسيســا على أننا لكي نفهم العلم فهما حقيقيا يلزمنا الاعتماد على الرياضيات. بيد أن بالإمكان أن نســوق حجة مناظرة تقول إن المرء لكي يفهم تولســتوي فهما حقيقيــا يلزمه أن يقرأه بالروســية، وكذا لكي يفهــم هوميروس يلزمه أن يقرأه باليونانية القديمة. وهذه عبارات وأحكام صادقة، لكن هل ثمة سبب يبرر حرمان الطلاب من قراءة أعمال مثل «الحرب والســلام» أو «الإلياذة» مترجمة؟ أعتقد أنه لا ســبب يبرر ذلك. وســوف أؤكد أنه لا يوجد سبب يدعونــا إلى أن نحرم الطلاب من فهم الكون، حتى وإن ترجمنا هذا الفهم من لغــة الرياضيات إلى الإنجليزية. ونحن إذا لم نفعل ذلك فإننا ســوف نخلق نوعا من الصرامة الزائفة، ومن ثم سوف نلحق بهم أذى كبيرا.

ولا يتعلق الأمر بالممارسة العملية للعلم

وعلى المنوال نفســه أرى أن الفكرة القائلة بأن الهدف الأوحد الصحيح لتعلم العلم هو القدرة على إنجاز العلم عند مســتوى ما هي فكرة مضللة. وســوف أناقش مشــكلاتي مع هذه الفكرة بتفصيل أكثــر فيما بعد. لكن ليســمح لي القارئ الآن بأن أحاجج عن طريق المماثلة والمناظرة مع مجال آخر، أعني مجال فنون المسرح والسينما.

أذكــر وقتما كنــت طالبا أن بعض المقررات الدراســية التي درســتها وأفادتني إفادة جمة كانت لها أســماء، مثل التقييم الموســيقي ومدخل إلى الفن والعمارة. وأضافت هذه المقررات الدراسية إلى حياتي الشيء الكثير

بمـــا لا يقاس. ولم تقتصـــر الفائدة على مجرد منحي قــدرة على التقييم الأعمــق لموضوعاتها، بــل وأيضا عززت عندي فكرة أن الموســيقى والفن أضحيــا جزءا من حياتي على الرغم من واقع الأمر من أن مســتقبلي هو العلم. وعلى الرغم من أنني سليل بيت يعلي من قيمة الموسيقى الكلاسيكية فإن هذه المقررات الدراســية التي أُسست على قاعدة من تجارب طفولتي وأكســبت تجارب حياتي نوعا من إطار العمل الذهني ما كان له أن يتحقق لولاهــا. وطبيعي أن هــذا كان يقينا الفكرة المســتهدفة من هذا النوع من البرامج التعليمية.

والشــيء الأهــم أنه لم يحدث، ولــو لمرة واحدة، على مدى الســنوات الطوال التي شــاركت خلالها في هذا النوع من البرامج الدراسية أن طلب مني شــخص مــا أن أعزف على آلة موســيقية، أو أن أؤلــف معزوفة أو أن أرســم لوحة. كان المعلمــون يدركون أن هدفهم هو مســاعدة الطلاب مــن أمثالي على تعميق خبرتهم بالموســيقى والفن وليــس إبداع أي منها. وأحسب أن الالتزام بالموقف نفسه سيكون مفيدا عند التفكير في المعارف الأولية العلمية. ونعرف أن العلم، كما سوف أؤكد فيما بعد، قادر مثله مثل الموســيقى والفن على تعميق وإثراء حياتنا. ومن ثم لا معنى من أن نطالب الدارســين من الطلاب بأن يتعلموا تطبيق وممارســة العلم بغية تحصيل واكتســاب هذا التقييم، إذ إن هذا لا يختلف في شيء عن أن تطالبهم بأن يتعلموا عزف آلة الكمان قبل الاستماع إلى حفل سيمفوني.

ولا يتعلق بالكفاءة التقانية

عندمــا يصبح تعليــم العلم موضوعا لحوار عام، خصوصا في ســياق سياســي، نجد من أكثر العبارات المستخدمة شيوعا، عبارة تقول «لا أحد يعرف كيف نبرمج جهاز تســجيل الفيديو كاســيت». وثمة اعتقاد أن هذه العبارة توضح إلى أي مدى يكون الأمريكيون أميين علميا.

لكنني أود أن أختلف هنا. إن القدرة على برمجة جهاز تســجيل فيديو كاســيت، أو إصلاح ســيارة، أو فهم وظيفة جميع أزرار جهاز التشغيل من بعــد، يمكن أن تكون قدرة مفيدة في العصــر الحديث، لكن لا علاقة لها

البتة بالمعارف الأولية العلميــة. إن المعارف الأولية العلمية قيمتها ودورها فــي أن نفهم بنية الكون الذي نســكنه، وأن توفر لنا القــدرة على تطبيق تلك المعارف فــي حياة المرء. ويمكن أن تقترن أو لا تقترن بالمهارة التقانية اللازمة لتشغيل الأجهزة الإلكترونية. وتؤلف المهارات التقانية، شأنها شأن المهارات الرياضية، بنية من المعارف المستقلة عن المعارف الأولية العلمية.

عــلاوة على هذا أود أن أدفع بــأن لا معنى لمحاولة تضمين هذا النوع من المهارات في المقرر الدراســي كجزء من العلم. نحن على ســبيل المثال لا نعلِّم دروسا في المعارف الأولية عن الهاتف، وذلك لسبب بسيط، هو أن تعلم تشغيل الهاتف أمر يكتســبه المرء خارج المقرر الدراسي. ونستطيع أن نجمع أطفالا، وهو ما يحدث فعلا، لتعليمهم كمبتدئين تشــغيل الحواســيب. بيد أنني أرى بإحساسي أنه حتى مهارة تشغيل الحاسوب أضحت أشبه بمهارة متوافرة لدى الجميع في مختلف الأقطار، حتى أننا ربما نستطيع القول بعد زمن قصير إن الطلاب (باســتثناءات قليلة واضحة) أضحوا على ألفة كبيرة مع الحواســيب شــأنهم مع الهواتف. ولكن باســتثناء تدريس مدخل عام للحوسبة، فإن تعليم المهارات الخاصة ببرمجة جهاز تســجيل الفيديو كاست لن يفيد كثيرا، لسبب بســيط، هو أن إيقاع التغير في مجال الإلكترونيات ســريع جدا بحيث إن أي شــيء يتعلمه الطلاب اليوم ســيغدو أمرا عقيما وباليا حال تخرجهم. وأؤكد لهذه الأســباب جميعا أن الكفاءة التقانية، على الرغم من أهميتها، لا تستحق الاهتمام الذي يجعلها جزءا من المقرر الدراسي.

وأقول، من باب التسجيل، إنني لم أتعلم قط كيف أبرمج جهاز الفيديو الخاص بي.

3

المعارف الأولية العلمية: برهان من حياة المواطنين

«إن وفاء المرء بالتزاماته، بوصفه مواطنا، لن يكون بالأمر اليسير في المستقبل، وهي التزامات سيكون من المستحيل الوفاء بها من دون الإحاطة بالمعارف الأولية للعلم»

المؤلف

التقطْ أي صحيفة لأي يوم من الأيام، وسوف تجد على الأرجح قصة عن قضية عامة تتضمن حديثا عن العلم بشكل أو بآخر. قد تكون قصص اليوم عن احترار كوكب الأرض، وعن مستقبل الطاقة، واستخدام الخلايا الجذعية. ولكن لا أحد في وسعه التنبؤ بما سيكون عليه الحديث بعد عشر سنوات من الآن. بيد أننا قد نكون على يقين بأنه أيا كانت الموضوعات التي ستشغل الناس بعد عشر أو عشرين أو ثلاثين سنة... إلى آخر المدى، فسنجد بعضا منها على الأقل يستلزم توافر قدر من الفهم الأساسي للعلم. وهذا هو في كلمتين ما أسميه الحجة المستمدة من حياة المواطنين كتبرير للحاجة إلى توافر المعلومات الأولية العلمية.

ولنتأمل معا الجدل الدائر بشأن الخلايا الجذعية مثالا لمشكلات المستقبل. نلحظ للأسف أن هذا الجدل في الولايات المتحدة تداخل مع قضية ربما تكون الأكثر إثارة واستعصاء على الحل على طول مشهدنا السياسي، وأعني بها مشكلة الإجهاض. وسبق لي أن عرضت وجهة نظري في هذا الشأن في كتاب شاركت في تأليفه مع صديقي وزميلي هارولد موروفيتس تحت عنوان «حقائق الحياة»، ولكن في إطار مناقشتنا موضوع الخلايا الجذعية ليس مهما أن تكون مؤيدا لحق الحياة أو مؤيدا لحق الاختيار. إن المرء إذا شاء أن يخلق رابطة جامعة بين آرائه عن الإجهاض والحوار الدائر عن الخلايا الجذعية فلابد أن يفهم أولا ما هي الخلايا الجذعية وكيف يجري استخلاصها. وإذا كان لي أن أضع معالم إطار المعارف اللازمة لفهم العلم الكامن وراء الجدل، فإنني سأضمن الإطار المعلومات التالية:

1 - مع انقسام خلايا الجنين المضغة، تصبح الخلايا متخصصة وعاجزة عن التحول إلى أي نوع من الخلايا مكتملة النمو.

2 - تظل الخلايا، حتى نحو ثمانية تقسيمات خلوية، محتفظة بقدرتها على النمو، وتتحول إلى أي خلية مكتملة النمو (وهذه خاصية تسمى القدرة على التكاثر المتنوع للخلية totipotence)، ومن ثم نسميها خلايا جذعية.

3 - أفضل وسيلة واعدة للحصول على خلايا جذعية هي أن نجمعها من خلايا الجنين المضغة، ومن ثم قتله في أثناء العملية.

ولي أن أؤكد هنا أن هذا هو الحد الأدنى للخلفية العلمية اللازمة لكي تسمح بالمشاركة في الحوار. ويمكن للمرء بعد أن تتوافر له هذه المعلومات أن يمضي قدما إلى الأجزاء غير العلمية من المناقشة. ومن ثم إن كان من أنصار الحفاظ على الحياة، ويؤمن بأن الخلية المخصبة الواحدة هي شخص بشري تتعين حمايته بقوة القانون فإن هذا يعني أن عملية تجميع الخلايا الجذعية هي في جوهرها جريمة قتل. وإذا كان لا يؤمن بأن مجموعة من بضع مئات من الخلايا بها دنا (DNA) بشري تعادل من حيث القيمة الأخلاقية إنسانا مكتمل النمو أو وليدا

حديث الولادة، إذن فإن المنافع الطبية التي سيجنيها المجتمع من البحث العلمي - وهي منافع حقيقية للبشر الموجودين على قيد الحياة - سوف تفوق كثيرا جدا أي ضرر ناجم عن قتل الجنين المضغة وما يمثله هذا من حياة محتملة.

ويمكن لكثيرين من العقلاء المخلصين أن يتبنوا أيا من هذين الموقفين. وطبيعي أنه لا مجال هنا لحلول وسط، فإما أن نجمع الخلايا الجذعية وإما لا على الإطلاق. وهذا هو السبب في أنني قلت إنها مسألة عصية على الحل. ولكن الفكرة الأساسية عندي هي أنه من دون فهم شيء ما عن أساسيات بيولوجيا النمو فلن يستطيع المرء أن يشارك في الحوار. وليس من قبيل الحكمة والعقل أن يحكِّم المرء مشاعره الأخلاقية، وذلك لسبب بسيط، وهو أنه لا يفهم ما يجري الحوار بشأنه.

وثمة وسائل كثيرة لتعريف كلمة ديموقراطية، ولكنني أرى أن التعريف العلمي الأفضل هو القول: إن الناس الذين يتأثرون بقرار ما يجري اتخاذه داخل نظام ديموقراطي لهم كلمة مسموعة من حيث كيفية اتخاذ هذا القرار. ونلاحظ في الولايات المتحدة أن هذه الكلمة تحظى بممارسة واسعة النطاق من خلال العملية السياسية، كما أن الجدل الدائر بشأن القرار تعرضه الصحافة وأجهزة الإعلام المختلفة، وطبيعي أن المرء الذي لم يتهيأ له إطار المعارف، التي نسميها المعارف الأولية العلمية، سوف يجد نفسه مستبعدا من مجالات حوار واسعة وكثيرة، وسيكون ببساطة عاجزا عن أن يكون له صوت مسموع.

والحقيقة، أننا إذا شئنا عرض تنبؤات تتسم بالإحباط فسنجد أنه ليس من العسير تخيل بلد يدور حول أي من المسارين غير الديموقراطيين سواء بسواء. إذ نجد من ناحية أن بالإمكان النظر إلى الأمور باعتبارها شديدة التعقد، بحيث إن اتخاذ القرارات رهن نخبة تقانية دون سواها. (وكم هو غريب أنني قلما أسمع علماء يحثون على التزام هذا المنهج). ولكن النهج الآخر، ولعله مثير أكثر للمخاوف، هو استبعاد كامل لخيار الحوار العقلاني، ومطالبة الناس باتباع زعماء هم في الحقيقة زعماء فوضويون «ديماغوجيون». وطبيعي أن أيا من النهجين يمثل كارثة مادام ما

يعنينـــا هو الحفاظ على الولايات المتحدة مجتمعا ديموقراطيا. وإن أضمن ســبيل لتجنب أي مــن النتيجتين هي أن نرى المواطنين تســلحوا بالمعارف اللازمة لاتخاذ قراراتهم عن بصيرة ووعي.

المستحدثات التكنولوجية والحوار العام

الحديث هنا لن يكون ســهلا يســيرا. إن نســبة كبيرة مــن الحوارات السياســية التي سيشهدها هذا البلد مســتقبلا ستكون نتاج المستحدثات المتقدمــة في المجالات العلمية والتكنولوجيــة التي بدأت بوادرها تلوح في الأفــق الآن. وتمثل الخلايا الجذعية قمة جبل الجليد في حدود اهتمامنا بالمجال الجديد لعلم التكنولوجيا الحيوية. ولكن مجالات أخرى جديدة مثل تكنولوجيا المعلوماتية والنانــو تكنولوجي لن تكون متخلفة كثيرا عن ذلك. وليســمح لي القارئ بأن أســتطرد قليلا هنا لنفكر معا في بعض القضايا التي من المحتمل أن نواجهها خلال عقد من الآن؛ وذلك لكي ندرك ملمحا من ملامح التعقد التي من المحتمل أن تضفيها المســتحدثات العلمية على حياتنا السياسية.

تعلمنا في القرن التاســع عشــر حقيقة من بين عــدد من الحقائق المحورية الكبرى عــن المنظومات الحية، وهي أنها تنبني على قاعدة من الكيمياء. ومن ثم ونحن نقول «إن شيئا ما حي» فإننا نعني بعبارة أخرى «أن ثمــة مجموعة مميــزة من التفاعلات الكيميائية تــدور داخله»، من دون أن يعنــي ذلك الإشــارة إلى أي «قوة حيويــة» غامضة. وانتقلنا في القرن العشــرين خطوة أخرى على الطريق لفهم كيمياء الحياة، وترتبط هذه ارتباطا وثيقا بجزيء اســمه دنا، ونعكف الآن بهمة ونشاط لكشف تفاصيل كيمياء المنظومات الحيوية. وها نحن الآن، وبكل المعنى الحقيقي للكلمة، نتعلم كيف نكشف الغطاء لنعرف خفايا هذه المنظومات ونتعامل معهــا ونتحكم فيهــا وفاء لأغراضنا نحن. وســوف تؤدي هــذه القدرة الجديدة، مثلما هي الحال في بحوث الخلايا الجذعية، إلى ظهور طائفة من المشــكلات الجديــدة تماما والتي يتعين علــى المواطنين أن يتنازعوا الرأي بشأنها.

ولنأخذ الاستنساخ مثالا. لقد أصبح ممكنا، كما أثبت يان ويلموت عندما أنتج النعجة دوللي في العام 1996، نزع الدنا من بيضة وإبدال دنا آخر به من حيوان كامل النضج لكي تنمو الخلية الجديدة وتصبح كائنا مكتملا تماما. وعلى الرغم من أن هذه العملية كانت معروفة وحققت نتائج إيجابية عند تطبيقها على الحيوانات البرمائية مثل الضفادع، فإنها صادفت ترحيبا وتهليلا في العناوين الرئيسية للصحف، مما يعكس حقيقة واقعة، وهي أن دوللي هي أول استنساخ لحيوان ثديي. ونظرا إلى أن الأغنام وثيقة الصلة بالبشر على نحو يثير القلق إلى حد ما في شجرة الحياة، فقد أدى الحدث إلى إثارة كل أنواع المشكلات المحتملة.

ولعل أوضح مثال (ومن دواعي السخرية أنه الأقل إثارة للاهتمام العلمي) هو توقع إجراء استنساخ للبشر. وتتابعت رؤوس عناوين الصحف تعرض رؤى عن جيوش متقدمة من الاستنساخات المتطابقة، وهي رؤى تمثل نوعا من الكابوس إذا ما تحقق أحدها. وأكثر من هذا أن صفحات الرياضة راهنت على حدوث مواجهات بين فرق مستنسخة لكرة السلة. وطالعنا على الجانب الأكثر تشاؤما سيناريوهات لتربية حالات استنساخ للحصول على أعضاء لزراعتها في أجسام مانحي الدنا. مما يذكرنا بموضوعات القَصَص الخيالي.

ولكن لسوء حظ صحف الإثارة أن هذا النوع من المراهنات يُغفل إحدى الحقائق الأساسية المعروفة عن النمو البشري. وربما بدا ذلك أشبه بصدمة لعلماء النفس والاجتماع، ولكن الحقيقة أننا – على مدى العقد الأخير – أدركنا أن قدرا كبيرا من السلوك البشري تحدده الجينات، إذ لا يولد شخص صفحة بيضاء، كما يحلو للآباء والأمهات أن يقولوا للباحثين. كذلك في المقابل لا يولد شخص كأنه ماكينة مقدر له أداء التعليمات المثبتة في جيناته ولدا كان أو بنتا، ومن ثم فإن التفاعل المعقد بين الجينات والبيئة والمسؤول عن إنتاج إنسان كامل النضج أصبح، إلى حين، مجال البحث الرئيسي. وإذا كان لي الآن أن أُضَمِّن رأيا فإنني أميل إلى القول: إن التقاسم بين الاثنين سيكون

تقريبـا مناصفة 50 إلى 50، ومع هــذا أوضح أن تطابق الجينات بين شــخصين لا يعني أنهما ســيكونان متطابقين في الكبــر، ولنتذكر هنا التوائــم مثالا. إن ما جعل مايــكل جوردان بطلا هــو موهبته البدنية جزئيا، ولكن الأهم من ذلك تصميمه والتزامه في إصرار لا يكل والذي لازمه طوال حياته المهنية. وطبيعي أن عمل استنســاخ مع تاريخ مغاير يمكن أن ينتج بسهولة شيئا مغايرا. وثمة تعليق ينطوي على دعابة يرى أن من الســهل أن يتحول استنساخ مايكل جوردان إلى عازف بيانو بدلا من لاعب كرة سلة.

ولكن من وجهة نظر المعارف الأولية العلمية نرى أن أهم شيء بالنسبة إلى قصة الاستنساخ أنه ليست لدينا في اللغة الإنجليزية كلمة للدلالة على بويضة بشــرية جرى إبدال الدنا الطبيعي لها بـ «دنا» آخر خاص بإنســان ناضج مكتمــل. وطبيعي أننا إذا لم تكن لدينا كلمة للدلالة على شــيء ما فإننا، كما يقول أي عالم لســانيات، سنواجه مشقة وصعوبة للتعامل معها على المستوى الأخلاقي أو الشرعي أو الديني أو السياسي.

ويجمع العلماء الآن، وفي هذه اللحظة، على القول: إن الاستنســاخ البشــري، في ضوء التكنولوجيا الحاليــة، يمثل مخاطرة كبيرة للغاية، مما يجعله غير مقبول أخلاقيا، وهذا كاف تماما. ومع هذا أجد لزاما أن أقول للقارئ إنني أحيانا أعجب وأتســاءل بشأن هذه العبارة. إنني شخصيا لا أستطيع أن أتخيل لماذا يريد الناس إنتاج مستنسخات لهم. ولكــن يوجد كثيرون في العالم من أصحاب الذوات المتضخمة، ولذلك فإنني على يقين من وجود أفراد لا يطمعون فيما هو أفضل. إن إجراء عملية الاستنســاخ عمليا ليس بالأمر الصعب؛ إذ كل ما تحتاج إليه هو بناء صغير، وبضعة ملايين من الدولارات لشــراء المعدات والتجهيزات اللازمــة، وحكومة مســتعدة لتجاهل الأمر، وبضع نســاء راغبات في منح البويضات اللازمة. ولا يســاورني شك كبير في أن بالإمكان عمل الاستنساخ في أي مكان في العالم إذا كان هناك من هو في حاجة ماسة إلى الاستنســاخ، وعلى استعداد لتجاهل الجوانب الأخلاقية للمسألة. وأتخيل نفســي ذات يوم جالســا في اجتماع يضم عــددا من العلماء

ذوي اللحى البيضاء وهم يناقشون أخلاقيات الاستنساخ البشري، وإذ بشاب يجوس داخل القاعة ويعلن أنه ليس سوى استنساخ. إذن ما الموقف حينها؟

سوف يدور حوار أكثر جدية وأهم شأنا حول موضوع يحمل اسم الاستنساخ العلاجي therapeutic cloning. ولاتزال هذه التقنية في بداية مراحل تطورها الأولى. وهنا نجد أن شخصا ما في حاجة إلى عضو جديد يمنح الدنا لإنتاج الخلايا الجذعية. ويستخدم العلماء تقنية بازغة لمجال علمي اسمه هندسة النسيج tissue engineering التي تمكنهم من تنمية هذا العضو بحيث يمكن للجراحين زراعته. ونظرا إلى أن خلايا العضو الجديد لها الدنا نفسه الخاص بالمريض فإن جهاز المناعة لن يرفضه، وبهذا تنتفي أهم المخاطر التي تواجهها زراعة الأعضاء اليوم. وهذا هو الحلم بفتح مجال جديد اسمه «طب تجديد الأعضاء» regenerative medicine.

ويمكن القول في هذه اللحظة إن هذا السيناريو مرهون إلى حد كبير بالمستقبل. ولكن ليس عسيرا علينا أن نتخيل تحوله إلى حقيقة واقعة خلال عقد أو نحو ذلك. وسوف تبرز هنا طائفة جديدة تماما من القضايا الأخلاقية. مثال ذلك إذا كنت في حاجة إلى قلب جديد كيف لي أن أوازن بين القيمة الأخلاقية لإنقاذ حياتي والقيمة الأخلاقية للحميل الذي يتعين وأده لإنجاز الهدف؟ وماذا لو أننا خصبنا كثيرا من البويضات، ولم نستخدمها كلها، هل نحن ملزمون أخلاقيا بالبحث عن أمهات بديلة للآخرين؟ وهل نخزنها إلى الأبد، أم نلقي بها في المرحاض ونسكب فوقها الماء؟ إنك لا تستطيع أن تتخيل جماعات البشر يتصارعون حول قضايا من هذا النوع ما لم تكن تعرف قدرا من المعارف الأساسية عن بيولوجيا الجزيئات.

وأذكر بهذه المناسبة أن وليام هازيلتاين، وهو أحد رواد طب تجديد الأعضاء، أوضح أن هذا المجال العلمي إذا ما نجح في الوفاء بوعده فإن بعضا من التساؤلات شديدة البساطة ستبرز وستكون الإجابة عنها شديدة الصعوبة. إذ ماذا عساك أن تقول إذا سألك شخص ما «كم عمرك؟» إذا ما كانت الإجابة تتباين من عضو إلى آخر من أعضاء جسمك؟

وماذا لو عرفنا ما فيه الكفاية عن علم الوراثة وتعاملنا مع الدنا الخاص بجنين ما لإنتاج شـيء نريده؟ وماذا، على سبيل المثال، لو عالجنا هندسيا الدنا الخاص ببطل رياضي بحيث ينتج السـتيرويدات (*) الخاصة به؟ هل لنا أن نسـمح لهذا الرياضي بالمنافسـة في الأولمبياد؟ وماذا لو أن الجينة الجديـدة كانت نتيجة لطفرة طبيعية بدلا من الهندسـة الوراثية؟ إننا لن نستطيع حتى الهرب من البيولوجيا الجزيئية في نطاق الرياضة.

إننا لا نكاد نمضي على الطريق لنكشـف حقيقـة ميكانيكيات الحياة حتى نواجه مشـكلات بـلا نهاية. لن يجد أكثرنا مشـكلة في التعامل مع شخص له كليتان مزروعتان بعد استنباتهما من خلايا جذعية. وطبيعي أن مثل هذا الشخص يكون بشرا سويا كما هو واضح بغض النظر عن تعريفنا للمصطلـح. ولكن ماذا لو تضمن العضو المزروع مكونات حاسـوبية؟ ماذا لو أن عملية الزرع التي أجريت له اسـتهدفت جعل الشـخص أكثر ذكاء أو أكثر كفاءة وفاعلية وليس فقط إنقاذ الحياة؟ وماذا لو جرى تغيير أكثر من عضو؟ عند أي نقطة نكف عن وصف مثل هذا الشـخص بأنه بشر ليبدأ وصفه بأنه شـيء آخر؟ هل نصفه بأنه بشر متحول، أو حتى إنسان خارق للطبيعـة؟ وهل وضعنـا تعريفا يحدد مفهوم البشـرية تحديدا كافيا مما يسمح لنا بالبدء في التعامل مع مثل هذه الأنواع من المسائل؟

إن هذه المسائل تبدو لنا كأنها ضرب من الخيال العلمي الآن، بيد أنني سـمعتها جميعا على لسان علماء مشـهورين أثاروها في مؤتمرات علمية كبرى لها هيبتها. ولا شـك في أننا سـوف نضطر، نحـن أو أبناؤنا، إلى التعامل مع بعضها في المستقبل المنظور. معنى هذا أن وفاء المرء بالتزاماته بوصفه مواطنا لن يكون بالأمر اليسير في المستقبل، وهي التزامات سيكون من المستحيل الوفاء بها من دون الإحاطة بالمعارف الأولية للعلم.

وسوف تثار قضايا مماثلة مع تقدم تكنولوجيا المعلومات. ولك أن تصدق أو لا تصدق أنني سـمعت حوارات دائرة بين علماء عما إذا كان وقف عمل الحاسوب في المستقبل يعتبر عملا مسموحا به أخلاقيا أم لا. وطبيعي أنه مع التقدم المطرد للحواسيب سيكون من الصعوبة بمكان الإجابة عن سؤال

(*) السـتيرويدات steroids أي من المركبات العضويـة المتعددة التي تذوب في الدهن وتحتوي على 17 ذرة كربون. [المترجم].

ما إذا كانت الحواسب تتصف بالذكاء والوعي. ولكنني شخصيا لا أعتقد أن الحواسب يمكنها أن تحل محل المخ البشري، وهذه نتيجة توصلت إليها بعد أن عالجتها تفصيلا في كتابي «هل نحن بلانظير؟ (*)». ومع هذا يبدو واضحا أن الحواسيب عند نقطة ما في المستقبل ستكون أوثق كثيرا بالوعي كما ندركه عما هي عليه الآن. ولكن عندما تصل إلى هذا المستوى (ولنتذكر الكمبيوتر «هال» في فيلم أوديسا الفضاء: 2001) (**)، ماذا سيكون حكمنا الأخلاقي عندما نريد غلقها وإيقافها؟ هل يعادل هذا جريمة القتل؟ وماذا لو أردنا إرسالها في رحلة ذهاب فقط بلا عودة إلى كوكب بعيد أو إلى مجموعة شمسية؟ هذه أسئلة ليس من اليسير الإجابة عنها. وإذا ما أصبحت قضية سياسية (ولنتخيل نشأة منظمة تحمل اسم «دعاة معاملة الحواسيب معاملة أخلاقية») فإن الأمر سوف يستلزم قدرا كبيرا من التفكير المتقدم والمعقد من جانب جمهور الناخبين لحسم الأمر. وأعود لأقول كم هو عسير إنجاز هذا كله من دون توافر مستويات عالية من المعارف الأولية العلمية.

وهاهنا لا أستطيع مقاومة الرغبة في تقديم مثال آخر حتى إن بدا في حقيقته بعيدا عن الموضوع. إن من أهم المستحدثات العلمية المتقدمة التي شهدتها تسعينيات القرن العشرين اكتشاف تقنية جديدة اسمها «النقل البعيد بميكانيكا الكوانتم» Quantum teleportation (***). وتستخدم هذه العملية في الأساس طرق ميكانيكا الكوانتم لتدمير أحد الفوتونات،

(*) نشر ضمن سلسلة عالم المعرفة في يناير 2006. ترجمته إلى العربية د. ليلى الموسوي.

(**) (1968) 2001: A Space Odyssey: هو أحد أهم أفلام المخرج الراحل ستانلي كوبريك (1928 - 1999)، ويحكي قصة صراع بين الإنسان (بومان) وجهاز الكمبيوتر (هال)، حيث يتنافسان للوصول إلى خطوة جديدة، وإن كانت مجهولة، نحو التطور. [المحرّرة].

(***) النقل الكوانتي من بعد quantum teleportation: الكوانتم - وفق نظرية الكوانتم، الطاقة موجودة في شكل وحدات منفصلة، وكل وحدة اسمها كوانتم، والجمع كوانتا - quantum quanta. وكوانتم الأشعة الكهرومغناطيسية اسمها فوتون. ونظرية الكوانتم هي التي تمحورت حول مفهوم عدم اتصال الطاقة الذي أدخله ماكس بلانك في الفيزياء. وتطورت منظومة ميكانيكا الكوانتم عن هذه النظرية خلال النصف الأول من القرن العشرين. والنقل الكوانتي من بعد تقنية نقل معلومات من بعد على مستوى الكوانتم، من جسيم (أو سلسلة جسيمات) إلى جسيم آخر (أو سلسلة جسيمات أخرى) في موضع آخر عبر الترابط الكوانتي quantum entanglement [المترجم].

جسيم ضوئي، في موقع ما، وتخلق فوتونا مطابقا في مكان آخر. ولنا أن نتخيل هذا في صورة بدائية لجهاز النقل في المسلسل التلفزيوني «ستار تريك» Star Trek، فهو جهاز خيالي يعمل عن طريق تدمير ذرات شخص ما في مكان ما وتجميع ذرات مطابقة في مكان آخر. واستخدم العلماء في أستراليا بالفعل عملية النقل عن بعد بميكانيكا الكوانتم لإرسال صور فوتوغرافية عبر ألياف بصرية إلى مسافات تبعد أميالا كثيرة. ولكن لنتخيل معا أننا تقدمنا إلى حد أصبح فيه بالإمكان إرسال بشر بجهاز النقل الكوانتي. ترى هل الشخص الذي جرى تجميعه على الطرف الآخر والذي تتطابق ذراته واحدة بواحدة مع ذرات الشخص الذي خضع للتجربة هو الشخص ذاته حقيقة أيا كانت وسيلة النقل؟ وأذكر هنا سؤالا وجهه إليَّ أحد زملائي نصف مازح: هل يتعين على هذا الشخص الجديد أن يسدد عنك ضرائب الدخل؟

قضايا واقعية تشتمل على ما هو أكثر من العلم

إننا إذ نحيد هنا قليلا لندخل مجال الخيال العلمي فذلك لأنه يفيدنا في تأكيد حقيقة مفادها أن ثمة قضايا معقدة تنتظرنا في المستقبل. وسوف تستلزم هذه القضايا توافر مستويات عالية من المعارف الأولية العلمية إذا شئنا أن يكون للمواطنين العاديين بعض من القدرة على التحكم في مستقبلهم. بيد أنها توضح لنا نقطتين أخريين مهمتين تتعلقان بمكان ومكانة المعارف الأولية العلمية (والعلم بعامة) في الحوار العام:

1 - ثمة قضايا مهمة في مجتمعنا لا تشتمل مطلقا على مسائل محصورة في نطاق العلم والتكنولوجيا وحدهما.

2 - إن كم ونمط المعارف العلمية اللازمة للمواطن لكي يؤدي دوره الصحيح محدودان.

ونشير هنا إلى أن النقطة الثانية سبق أن وضحت جيدا في مناقشتنا السابقة عن الاستنساخ وبحوث الخلايا الجذعية، إذ إن المشاركة في هذه الحوارات تستلزم فهم العلم المعني بإنتاج أعضاء من الخلايا الجذعية واستنساخها. ليس لازما أن يكون المرء على حظ وافر من

المعرفة، إذ ليس ضروريا أن تتوافر لديه القدرة على فهم الترتيب التسلسلي للدنا لكي يفهم، على سبيل المثال، الاستنساخ العلاجي. عوضا عن ذلك نرى ضرورة توافر حد أدنى من إطار المعارف اللازمة للمشاركة في أي حوار قد يُثار بشأن هذه القضايا، ولا يكاد إطار الحد الأدني المذكور يتوافر للمرء حتى تدور القضايا المهمة حول أمور لا يربطها بالعلم سوى رباط عرضي.

ونستطيع هنا في الواقع أن نحدد ثلاثة جوانب متمايزة لهذا النوع من الحوار، والتي تتطابق بشكل عام تقريبي مع مسائل تتعلق بالواقع والقيم والسياسة. وتتمركز أولى هذه القضايا حول التساؤل عما إذا كان بالإمكان الإفادة من بحوث الخلايا الجذعية من دون تدمير الأجنة – أي بالوصول إلى طرق لمعالجة أنماط أخرى من الخلايا على سبيل المثال. وهذا سؤال علمي، كما أن فهم الحوار يستلزم توافر مستوى معين من المعارف الأولية العلمية. ولكن لا يكاد هذا المستوى يتوافر لنا حتى نجد أنفسنا داخل ساحة علاقتها بالعلم واهية جدا. إننا جميعا، وكما أوضحنا سابقا، لا نكاد نفهم موضوع الحوار (مسائل تتعلق بالواقع) حتى يكون لزاما علينا البحث عن وسيلة لتطبيق قيمنا الأخلاقية على الموقف (مسائل تتعلق بالقيم)، ونقرر ماذا في وسعنا أن نفعل بشأنها (مسائل تتعلق بالسياسة). ويستطيع القارئ أن يتخيل، فيما يتعلق بحالة الخلايا الجذعية، أفرادا يدعمون ويحبذون كل شيء وأي شيء ابتداء من الدعم المكثف للبحوث الرسمية وحتى القول بتجريم المجال كله.

ولنا أن نطبق الرؤية نفسها على القضايا الأعمق وثيقة الصلة بالتقدم في فهم ميكانيكا الحياة. ونعود لنقول إن العلم يفيد كمدخل للجدل، ولكن المسائل الواقعية تشتمل على شيء آخر. مثال ذلك إذا ما كان القارئ بصدد مواجهة تساؤلات عن ماهية الكائن البشري، وبيان الحد الفاصل بين ما هو كائن بشري وما هو غير ذلك، فإن كل ما يستطيعه العلم هو أن يمضي بك وصولا إلى هذا الحد. وكذلك بالمثل إذا ما كنت بصدد معالجة القضية الأهم شأنا وهي القيمة الأخلاقية

التـــي نعزوها إلى كائن بشـــري في طور النمو وهـــو يتقدم على مراحل مـــن بويضة ملقحة إلى جنين ثم حميل، فإنك هنا لن تحقق المرجو منك اعتمادا على العلم وحده.

وليســـمح لي القارئ بـــأن أتناول بقدر من التفصيل هذا الرأي وبشـــكل موجز وسريع؛ ذلك لأنه يوضح بجلاء الفكرة التي أحاول بيانها. نلحظ بشكل أساسي أن قضية الإجهاض (وجميع القضايا ذات الصلة) تتعلق في التحليل النهائي بمسألة التمييز بين مصطلحي «الكائن البشري» و«الشخص». ونعرف أن عبارة «كائن بشـــري» مصطلح بيولوجي يشـــير إلى كائن عضوي حي من نوع الهومو ســـابينس. إنه مصطلح يمكن تحديده وتعريفه على أساس البنية الفيزيقية أو تسلســـل الدنا، ومن ثم فإن عبارة «كائن بشـــري» هي مصطلح يمكن تعريفه بشكل كامل وتام في ضوء المصطلحات العلمية.

ولكن كلمة «شخص» شأن آخر، إنها مصطلح قانوني، وتشير إلى شخص ما له حق الحماية القانونية. ويتحدد تعريف الشـــخصية وتميزها على نحو مختلـــف مـــن مجتمع إلى آخر. مثـــال ذلك أننا فـــي مجتمعنا نضفي صفة الشـــخصية تحديدا منذ الميلاد، ومن ثم فإن الجدل بشأن الإجهاض ينصب أساسا على ما إذا كان إضفاء الصفة ينبغي أن يكون قبل الميلاد أم لا. ولكن ثمة مجتمعات أخرى تضفي صفة الشـــخصية المميزة بعد الميلاد بفترة ما. ونذكر على سبيل المثال اليابان في العصر الوسيط، إذ تضفي صفة الشخص على الكائن البشري مع أول صيحة للوليد. وإذا حدث أن قتلت القابلة طفلا مشـــوها قبل هذه الصيحة لا يعتبرها القانـــون قاتلة. ونلحظ في الواقع أن مجتمعات غير غربية كثيرة اعتادت أن تعتبر الطفل الوليد المشـــوه «شبحا»، ومن ثم ارتاعوا حين أخبرتهم الإرساليات التبشيرية المسيحية بأن قتله يصل إلى حد جريمة القتـــل. معنى هذا أن القرار الذي يحدد متى يصبح الكائن البشـــري شـــخصا ليس بالأمر الذي يجري تحديده علميا، بل تتعين إعادة تحديده بوصفه مسألة رهن القيم المجتمعية وليس الحقيقة الواقعة.

وجدير بالذكر أن فقه الإلهيات التقليدي في المسيحية يربط مشكلة إضفاء الشـــخصية بعملية نفخ أو نفث الروح. ويُحدد إطار المسألة في ضوء التســـاؤل عن متى يكتســـب الجنين روحا في أثنـــاء عملية النمو.

وبنى توما الأكويني (1225 – 1274م) حجته على أساس ظهور الأجنة الجهيضة وحدد الزمن بأربعين يوما للذكور وتسعين يوما للإناث (لا تسأل لماذا!). ولكن البابا بيوس التاسع أعلن في العام 1869 باسم كرسي الأسقفية في المجلس الأول للفاتيكان أن نفخ الروح يحدث مع لحظة الحمل، وبهذا هيأ الساحة للسجال الراهن بشأن الإجهاض. وعلى الرغم من أن الحالين تضمنتا في البدء كثيرا من المصطلحات العلمية (متى تظهر على الجنين أول معالم صورة بشرية؟) فإننا نجد في النهاية قفزة من البشرية إلى الظهور المتميز للشخصية، وهي قفزة لا علاقة لها بالعلم.

ونستطيع أن نرى هذه النقلة للتحول من المحاجاة العلمية إلى المحاجاة غير العلمية متحققة في كل حوار تقريبا يتضمن محتوى علميا أو تكنولوجيا. ومثالا على ذلك الجدل الدائر الآن بشأن استخدام الطاقة النووية. فنحن نعرف أن الحوارات بشأن الطاقة النووية تمس موضوعات كثيرة هي من صميم العلم والتكنولوجيا: طبيعة الإشعاع، وإنتاج الوقود النووي، وتوليد الكهرباء من بخار عالي الضغط. معنى هذا أن المواطنين في حاجة إلى معرفة شيء ما عن كيفية عمل المفاعل النووي، وما الأجزاء المشتركة بين المفاعل والمولدات الأخرى، وأيها مختلف، وينبغي أن تكون لديهم معرفة ما بالنشاط الإشعاعي من مثل ما هو النشاط الإشعاعي، ولماذا يمكن أن يكون خطرا، وما الخطوات اللازمة لحماية البشر منه؟ وطبيعي أن مثل هذه الحقائق والمفاهيم تؤلف معا الإطار المعرفي الذي يعتبر الخلفية الأساسية لكل الحوار.

ولكن مع توافر هذه المعارف يمكن أن تطفو على السطح القضايا الواقعية. مثال ذلك أنه بعد أن اكتمل الحوار التقني في السبعينيات، الذي دقق في كل صغيرة وكبيرة، تحول الجدل بشأن الطاقة النووية إلى سؤال بسيط: ما حجم المخاطرة المسموح بها بغية الحصول على كهرباء رخيصة؟ وحُسِم هذا الجدل لمصلحة رفض المخاطرة، ولم يصدر هذا البلد ترخيصا بمفاعل جديد منذ عقود. وعلى الرغم من إيماني بأن ما حدث هو الخيار الخاطئ، فإن المسألة حُسِمت بشكل عام بناء على خيار ديموقراطي.

ويبـــدو عمليا أن هذا الجدل تحديدا بـــدأ يتصاعد ويحتدم ثانية، ولكـــن دافعه هـــذه المرة الوعي باحتمالات احتـــرار كوكب الأرض ودور حرق أنواع وقود الحفريات مثل الفحم في تفاقم هذا الخطر. وطبيعي أن الحوار الجديد ســـوف يســـتلزم توافر مزيد مـــن الموضوعات التي تدخل ضمن المعارف الأولية العلمية ذات الصلة، هذه المرة، بديناميات المناخ والتغيرات البيئيـــة، وإن ظلت الفكرة الجوهرية واحدة في جميع الحـــالات. وغني عن البيان أننا لا نكاد نشـــارك في الحوار بعد توافر الحد الأدنى اللازم من الخلفية العلمية لفهم القضايا موضوع المناقشة حتى يصبح بإمكان كل امرئ منا أن يبني خياراته تأسيســـا على القيمة التي نعزوها إلى البيئة مقابل قيمة الطاقة الرخيصة نسبيا. مثال ذلك هـــل الأهم لنا حماية الناس من أي مخاطر يمكن أن تنشـــأ نتيجة بناء مفاعـــلات جديـــدة أم حماية البيئة من إضافة مزيد من ثاني أكســـيد الكربـــون في الغـــلاف الجوي؟ ونعود لنقول إن الحـــوار ليس مقصورا بالكامل على العلم، بل يتضمن قضايا يتعين علينا جميعا حســـمها وفق أفضلياتنا الأخلاقية.

ونســـتطيع أن نسترســـل ونقدم مزيدا من الأمثلة، بيـــد أنني أرى أن الفكـــرة واضحة الآن. إذ نرى أن بإمكان أي مواطن يعتزم المشـــاركة في حوار ما أن يحدد بداية حدا أدنى للإطار المعرفي عن هذا الحوار واللازم لفهم موضوعه وما يدور حوله. وأحســـب أن هـــذه المعرفة نوع من جواز المرور إلى مضمار الحياة المدنية. ولكن لا يكاد المرء يدخل الســـاحة حتى ينتقـــل الحوار نقلة أخـــرى، وتحتل القضايا العلميـــة مكانا خلفيا لتترك الصدارة لقضايا أقل من حيث إمكان التقدير الكمي، وهي قضايا تحظى بقيم شخصية وإن بدت في إطار الجدل أكثر أهمية.

وجدير بالذكر أن هذا النمط، كما سوف أبين في الفصل العاشر، له دلالاته المهمـــة لتحديد نوع التعليم العلمي الـــذي نقدمه لطلابنا؛ نظـــرا إلى أنه ســـبيلنا للوصول إلى تحديد تقريبيـــي لمحتوى المعارف الأولية العلمية. ولكن في حدود هدفنا المرســـوم هنا أريد أن أشـــدد على الحـــد الأدنى لطبيعة المعارف الأوليـــة العلمية اللازمة للمواطن

لكي يؤدي دوره المنشود. ووصولا إلى هذا الغرض أرى أن أهيئ فرصة لاطلاع القارئ على سر ينطوي على قدر قليل من اللاأخلاقية داخل المجتمع العلمي.

ثمة أسطورة شائعة تفيد بأن العلماء حين يشرعون في المشاركة في حوار مدني عن مسألة ما فإنهم يفعلون ذلك من موقع الكبرياء المعرفي بدعوى أنهم الأعلم بالجوانب التقانية للمشكلات موضوع المناقشة. وهذا صحيح غالبا (وليس دائما) بالنسبة إلى من يظهرون على الشاشة كأنهم القمم وأئمة الفكر ويعرضون على المشاهدين وجهات نظر علمية خاصة ومميزة. بيد أن هذا لا يصدق على المجتمع العلمي بعامة. إذ ما لم يصادف أن يكون موضوع الحوار داخلا ضمن نطاق البحث الخاص بالمرء فإن الأرجح أنه لن يكون عارفا بكل جوانب الموضوع أكثر مما يعرف المواطن العادي المثقف. ومن ثم فإن طرفا من هذا السر هو أن العلماء عادة يكونون في القارب نفسه وعلى قدم المساواة مع جميع المشاركين حين يتعلق الأمر بإطار المعارف اللازمة للمشاركة في الحوارات العامة.

وأراني في حاجة إلى أن أصارح القارئ وأقول إن إدراكي هذه الحقيقة كان بمنزلة صدمة لي. حدث هذا في سبعينيات القرن العشرين وأنا لا أزال حديث عهد (وساذجا) بالحصول على درجة دكتوراه الفلسفة. وكان موضوع الحوار العام الدائر آنذاك هل ينبغي على الولايات المتحدة أن تقتدي بريادة فرنسا وبريطانيا لمشروع تطوير طائرة تجارية أسرع من الصوت؟ وحدث هذا في الفترة ذاتها التي بدأت تسود فيها فكرة تدعو إلى ضرورة التفكير في الآثار البيئية الناتجة من استخدام التكنولوجيات الجديدة. وشرع فريق من العلماء في التعبير عن انزعاجهم من التدمير المحتمل لطبقات الجو العليا، بسبب اطراد تدفق عادم النفاثات على ارتفاعات عالية. (وأذكر أن من أبرز خصائص الطائرة المقترحة أنها سوف تحلق على ارتفاعات أعلى كثيرا من الارتفاعات التي تبلغها الطائرات العادية بغية الحد من مقاومة الرياح).

كنت آنـــذاك عضوا ضمن فريـــق صغير من علمـــاء الفيزياء النظرية العاملـــين في مجال استكشـــاف وتطوير فكرة تفيد بأن أشـــياء نســـميها «كواركات» quarks(*) تمثل المكونات الأساســـية لمادة الكون. (كانت الفكرة مقبولة عمليا وإن حلت محلها اليوم أشـــياء أخرى نسميها الأوتار strings، إذ يقترح العلماء أنها المكونات الأساســـية للكواركات... (وكما يقول المثل: دوام الحال من المحال، ومجد الدنيا إلى زوال). كنت آنذاك عالما بكل معنى الكلمة، ولكني لا أملك دليلا يهديني إلى حقيقة موضوع الحوار.

ســـبب ذلك بســـيط، ذلك لأنك إذا أردت التحدث عن آثار التلوث في طبقـــات الجو العليـــا يتعين عليك أن تعرف: (1) مـــا الكيماويات المحتملة إضافتهـــا؟ (2) ماذا ســـيحدث لها في تلك البيئة؟ والإجابة عن المســـألة الأولى ســـهلة، إذ يكفيك اليوم إلقاء نظرة إلى غوغل. ولكن المسألة الثانية جـــد معقـــدة، لأنها تتضمن تفاعـــلات كيميائية بين عناصـــر غير مألوفة فـــي غاز بارد رقيق للغاية ســـيفيض بكميات هائلة مصحوبا بأشـــعة فوق بنفســـجية صادرة عن الشمس وربما تقترن ببلورات ثلجية منتشرة وتجعل الصورة خادعة. وطبيعي أن الحوار تركز حول ما هو محتمل أن يحدث إذا ما ألقينا كميات هائلة من الكيماويات وسط هذا الخليط.

وكانت معلوماتي عن التفاعلات الكيميائية، شـــأني شـــأن الأغلبية العظمى من الفيزيائيين، ترجع إلى المقررات الدراسية عندما كنت طالبا بالجامعة. ولاحظت أنه لا شـــيء في هذا الحوار تحديدا له علاقة، ولو

(*) كواركات quarks، ونظرية الأوتار string theory، أو النظرية الخيطية.
الكوارك جسيم افتراضي - له مقابله جسيم مضاد. بدأ الافتراض على يدي موراي جيل - مان، إذ قال بوجود ثلاثة جســـيمات أولية افتراضية ويقابلها ثلاثة جســـيمات مضادة، ثم زيدت إلى أربعة جســـيمات. والمفترض وفق نظرية الكواركات أن المـــواد جميعها مؤلفة إما من كواركات أو لبتونـــات leptons. وكان الظـــن أنها هي الجســـيمات الأولية الحقيقية دون ســـواها. ثم جاءت نظرية الأوتار، وهي مجموعة من الأفكار عن تركيب الكون وتستند إلى معادلات رياضية معقدة، وترى أن المادة مكونة من أوتار أو خيوط حلقية مفتوحة وأخرى مغلقة متناهية الصغر ولا سمك لهـــا، وأن الوحدة البنائية الأساســـية للدقائق العنصرية من إلكترونـــات وبروتونات ونيوترونات وكـــواركات هي أوتار حلقيـــة من الطاقة، وهي في حالة تذبذب وعدم اســـتقرار، وتتحدد وفقها طبيعة وخصائص الجســـيمات الأكبر. وتضع النظرية في الحســـبان عنـــد تصورها هذا جميع قوى الطبيعة معا: الجاذبية والكهرومغناطيسية والقوى النووية فتوحدها في قوة واحدة ونظرية واحدة تسمى النظرية الفائقة M-theory. [المترجم].

من بعيد، بما تضمنته بحوثي الخاصة. وفيما عدا المعارف العامة عن التفاعلات الكيميائية، فإن ما تلقيته من تدريبات علمية لم يُسعفني بأي معلومات أكثر، حول هذا الموضوع، مما هو متوقع أن يعرفه طالب جامعة متوسط.

إذن ماذا عساي أن أفعل؟ هاهنا مكمن السر الذي ينطوي على قليل من اللاأخلاقية. تطلعت بناظري إلى المشتركين في الحوار، وسألت الأصدقاء والزملاء متأملا حديث كل منهم داخل المجتمع العلمي. وتصادف أن كان أحد الحضور من أصحاب الموقف المعارض في الحوار وهو الراحل هانز بيت Hans Bethe، الحاصل على جائزة نوبل، والمشهور عنه أنه أحد عمالقة الفيزياء الحديثة، فضلا عن أنه كثيرا ما كان المستشار الرسمي للحكومة في الشؤون العلمية. وكان يحظى باحترام عميق من جانب العلماء، وهو شعور أتفق معهم فيه، وقد تولد في نفسي بعد بضعة لقاءات معه. لذلك أَنصتُّ إليه مليا حين تكلم. كنت على يقين بأنه يسبر غور الموضوع ويعرفه حق المعرفة، ومن ثم قرر أن الحجج المناهضة لمشروع الطائرة الأسرع من الصوت هي الأصوب والأرجح من تلك الحجج المؤيدة له.

ولكن وضح في النهاية أن الحجج الاقتصادية هي الأهم عمليا في مسيرة الحوار، وهي الحجج التي لم أهتم بها كثيرا آنذاك. ونعرف أن الطائرة الكونكورد الأسرع من الصوت حين حلقت أخيرا في الجو كانت كارثة مالية، ومن ثم أوقفت الحكومات الراعية المشروع. ولكننا إذا قصرنا اهتمامنا على الجانب العلمي وحده من الحوار، فإن العلماء – وهنا النقطة التي أريد أن أبرزها – لا يملكون معرفة سحرية، تهيئ لهم مكانة أسمى عند مناقشة قضايا الحياة المدنية. وجدير بالذكر أن أغلبية العلماء إذا التزموا الأمانة في هذا الصدد فإن في وسعهم أن يقصوا على القارئ مزيدا من القصص المماثلة لقصتي. لذلك يمكن القول إنه باستثناء القلة ممن يتصادف أن تكون بحوثهم منصبة على جوهر موضوع النقاش، فإن العلماء في حاجة إلى المعارف العامة ذاتها التي يحتاج إليها كل امرئ حال مشاركته العملية بدوره بوصفه مواطنا.

وثمة حقيقتان: الأولى أن المعارف العلمية اللازمة للمشـــاركة في حوار عـــام هي الحد الأدنى منها. والثانية أن العلم نادرا ما يكون العامل الوحيد المؤثر في اختيار الناس. بيد أن هذا لا يغير الحجة المحورية، وهي أنه من دون هذه المعرفة لا أحد يستطيع أن يقدم اختيارات معقولة بشأن القضايا موضوع الحوار.

وعبـــر كارل ســـاغان عن هذا بأســـلوبه فـــي كتاب: «العالم المســـكون بالشيطان» The Demon-Haunted World:

> **«خططنــا لحضــارة كوكبية تعتمــد أكثر عناصرها حسـما على العلم والتكنولوجيا. وخططنا كذلك لأمور بحيث لا أحد يفهم العلم والتكنولوجيا، وهذه وصفة لكارثة»** [1].

4

المعارف الأولية العلمية: برهان من الثقافة

هل العلم حقيقةً جزء من الثقافة؟ أحسب أن الإجابة عن السؤال رهن بما يعنيه المرء بكلمة ثقافة. إذا فهمنا الثقافة، في أكمل صورها، بأنها الشبكة الاجتماعية والفيزيقية التي يعيش فيها جميع البشر فإن العلم من دون أدنى شك سيكون بعضها. وأقول، ما سبق أن أوضحته في الفصل الأول، إن القدرة على فهم العالم الطبيعي والتعامل معه هي تحديدا القسمة المميزة لنوع البشر (الهومو سابينس) عن بقية الأنواع الأخرى.

ولكن كلمة ثقافة تُستَخدم في جميع الأحوال بمعنى أكثر محدودية، أي بمعنى ما يمكن أن نسميه «الثقافة الرفيعة». وسوف أحدد هذا بأنه جماع المعارف التي يحتاج

«إن إصرار فلاسفة ما بعد الحداثة على أنهم مؤهلون للحديث عن موضوعات صعبة، تأسيسا على قراءات لكتب شعبية رائجة، من شأنه أن يجعل العلماء يحجمون عن أخذهم مأخذا جادا».

المؤلف

إليهــا المرء في مجتمــع ما، لتكون له حيثية، وليكون مقبولا وســط مجموع المثقفــين. معنى هذا أن أي امرئ في أمريكا القرن الواحد والعشــرين، لم يسمع في حياته عن شكسبير أو موتسارت سوف يعتبره المجتمع غير مثقف، مــن دون اعتبار لكــم الأموال التي يملكها. وطبيعي أن مثل هذا الشــخص تصفه اللغة الدارجة بأنه «كمالة عدد» أو غير ذي حيثية.

طــاف بخاطري، وأنا أكتب هذه الفقرة، مشــهد مــن عرض كوميدي تلفزيوني شــاهدته منذ سنوات؛ إذ رأيت ممثلا كوميديا يجسد دور رئيس قُطَّــاع الطرق، ولكن بعــد أن تاب وأناب وكف عن نشــاطه. وقد رفضته فــورا امرأة لأنه «فظ جلف»، بعد ذلك ســأل قاطع الطريق أصدقاءه عن معنى هذا الوصف فقالوا: «هذا يعني أنك تفتقر إلى اللباقة يا ســيدي». أخرج كمية من أوراق النقد التي انتزعها من بين رزمة كبيرة يحملها وقال: «اذهبوا إلى سوق المدينة واشتروا لي بعضا منها. خذوا الشاحنة».

معنى هذا أن إحدى سبلنا للوصول إلى هذه الفكرة عن الثقافة هي أن نســأل: ما الذي يجعل امرأ ما في أمريكا الحديثة أهلا للتحدث فيكشف كلامه عن ذكاء ويحول دون وصفه بالفظ الجلف. ثمة بعض الشــك في أن الفنون - الرســم والموسيقى كمثال - ســتدخل ضمن هذه الفئة، كذلك حال الكتابات في مجالات فرعية، والتي تندرج تحت مسمى الأدب.

ونظــرا إلى أنني مؤلف ألَّف كثيرا من الكتب، فقد اعتدت دائما أن أصاب بالدهشــة حــين ألقي نظرة على قائمــة المؤلفين والكُتَّــاب المدعوين للحديث في مناســبات مــن مثل معارض الكتب والحفلات الأدبيــة. إذ يمكن للمرء أن يســتخلص من هذه القوائم نتيجــة مؤداها أن الأدب يتألــف جله تقريبا من الرواية والشــعر. وأكاد أجزم بأنني لم أطالع قط اســم مؤلف غير روائي في أي مــن هذه القوائــم، ومن ثم لم أجد ضمنها يقينــا أي مؤلف عن العلم. ولا يظن أحد أنني مجنون أو مذعور، ولكن الانطباع الذي تشكل عندي على مدى سنوات هو أن العلم - ببساطة شديدة - ليس موضع ترحيب (وربما أيضا ليس موضع تقدير) داخل أوساط من يرون أنفسهم مثقفين. وأقول إن أحد الأسباب التي اســتهوتني بشدة بشأن مشــروع المعارف الأولية الثقافية هو الحاجة إلى العمل عن وعي ذاتي من أجل تضمين العلم جزءا من هذه الثقافة عينها.

وأزعــم في النهاية أن هذا هو لب دراســتي وحجتي في هذا الفصل. وأرى أن من البديهيات القول بأن تطور العلم على مدى القرون الثلاثة هو الذي صــاغ المجتمع الغربي. لذلك يبدو لي أن تضمين معرفة العلم ضمن العتاد الفكري الذي يتســلح بــه المثقفون في مجتمعنا حــري بأن يتحقق تلقائيا في الواقع. أو ما يســميه طلابي مســألة بغيــر حاجة إلى تفكير. وواقــع الحال أن عدم النظر إلى العلم على هذا النحو هو أحد الأســباب التي تجعل الناس أميل إلى قبوله كمســألة طبيعية، ولكن بمجرد أن نشرع في التفكير في الأمر جديا حتى يبدو غريبا. لذلك فإن أول ســؤال يجب أن نســأله هو: هل يتأتى لقوة مهيمنة في مجتمعنــا. وربما يقول البعض القوة الوحيدة المهيمنة. أن تتوارى في زاوية مظلمة داخل الصرح التعليمي. وســوف أعرض فيما يلي مرحلتين تاريخيتين مهمتين من التفكير في هذه المســألة، ثم أتحدث بعد ذلك عما يمكن أن يفيــد به تعلم المعارف الأولية العلمية لكي يغدو العلم أكثر محورية في الثقافة.

سي. بي. سنو والثقافتان

يســتحيل على المرء أن يمضي بعيدا في مناقشــة العلــم والثقافة من دون الإشــارة إلــى العمل الرائد الذي، شــئنا أم أبينا، حــدد مصطلحات الحوار على مدى نصف القرن الأخير. ذلك أنه في العام 1959 كان الدور على عالم الكيمياء والروائي والموظف الرســمي البريطاني تشارلز بيرسي ســنو، ليقدم محاضــرة «ريد» (*) (Rede) ذات المكانــة والمهابة في جامعة كيمبريدج. واتخذ عنوانا للمحاضرة هو «الثقافتان والثورة العلمية» ونشرها بعــد ذلك في كتــاب يحمل العنوان ذاته. واعتمد فرضية أســاســية هي أن الثقافتين، العلمية والأدبية، نشــأتا وتطورتا (في إنجلترا على الأقل) بحيث تنفــي إحداهما الأخرى، واســتدل بالأنماط الأدبيــة لإدانتها بأنها تمادت

(*) محاضــرة ريــد Rede Lecture: موعد ســنوي لتقديم محاضرة علميــة عامة في جامعة كيمبريدج. ســميت بهذا الاســم نسبة إلى قاضي القضاة ســير روبرت ريد في القرن السادس عشــر. بدأت في صورة سلســلة محاضرات منذ عام ١٦٦٨ إلى نحو عام ١٨٥٨، وتشمل تقديم ثلاث محاضرات سنويا، إحداها عن المنطق، والثانية في الفلسفة، والثالثة في البلاغة. وأصبحت منذ عام ١٨٥٨ محاضرة واحدة سنويا يقدمها عالم يحدده نائب رئيس الجامعة. [المترجم].

عامدة في الجهل بواحدة من أهم قوى تشـــكيل المجتمع. وعرض رؤيته على النحو التالي في فقرة من كتابه أصبحت فيما بعد هدفا لكثيرين لاقتباسها والاستشهاد بها:

> **شـاركت مـرات كثيـرة جـدا فـي تجمعـات يوصـف أصحابهـا، بمعايير الثقافة التقليديـة، بأنهم أصحاب ثقافة رفيعـة، والذيـن أعربـوا بأسـلوب يفيض حيوية عن تشـككهم إزاء أميـة العلمـاء. واسـتفزني الحديـث مـرة أو مرتـين، ومن ثم سـألت المشـاركين معي كـم منهم بوسـعه أن يعرفني ما هو القانون الثانـي للديناميكا الحرارية؟ جاءتني إجابة محبطة ومثبطة للهمم، إذ كانت سلبية أيضا. هذا على الرغم من أنني أسأل عن شيء هو المعادل علميا لسؤالك: «هل قرأت عملا من أعمال شكسبير؟»** [1].

ومــن نافلة القول أن هذه الرؤية فجَّرت جدلا ضاريا وســط رموز الأدب الإنجليز. وتضمنت شــن هجوم شــنيع بعيد عن كل اعتبارات العقل والمنطق وجهه إف. آر. ليفيس، وهو أحد رواد الدراســات الإنسانية في البلاد. ونجد من بين أقل تعليقاته حقدا ومرارة اتهامه بأن ســنو «أبعد ما يكون عن وصفه بأنــه متميز فكريا» [2]. (وعلى الرغم مــن أنني أعدت قراءة هذه الكلمة بعد مضي نصف قرن فإنني لاحظت أن ليفيس لم يشر البتة إلى أن لديه أي معرفة - ولو بدائية وبسيطة - عن ماهية القانون الثاني للديناميكا الحرارية).

ورغبة مني في الارتفاع بمســتوى العرض قبل أن أســتطرد، أســتأذن القارئ في أن أوضح أن أكثر المعلومات الشائعة عن القانون الثاني تفيد بأن أي منظومــة منعزلة لا يمكن أن تصبح أكثر انضباطا وانتظاما مع الزمن. ولنحاول معا أن نتأمل سلســلة متوالية لمجموعة من الصور الفوتوغرافية علــى فترات زمنية مختلفة لحجرة نوم فتى في ســن المراهقة حتى تتضح الفكــرة تماما. وغني عن البيان أن القانون الثاني له تجليات ونتائج هائلة فــي حياتنا، مثال ذلك أن يقضــي بأن ثلث الطاقــة بالكامل الناتجة عن احتــراق الفحم لتوليد الكهرباء لا بد من أن نفقده في صورة حرارة مبددة أو عادم ينطلق في الجو، ويشــكل أحد العمد المحورية للعلم الحديث. (إن

كل من يريد الاطلاع على مناقشة شائقة وممتعة لهذا الموضوع أنصحه بأن يقرأ الكتاب المدهش من تأليف هانز فون باير وعنوانه «شيطان ماكسويل: لماذا يشيع الدفء ويمضي الزمن» (*).

بعد أن تناولنا القانون الثاني تمكن العودة إلى الفرضية الأساسية عند سنو، وتفيد بأن ممارسي العلوم والإنسانيات أقاموا جدارا أصم عازلا فيما بينهم. وأظن أن هذه الظاهرة كانت (ولاتزال) أكثر شيوعا داخل أوساط المفكرين البريطانيين أكثر منها بين الأمريكيين. بيد أنني، مع هذا، كثيرا جدا ما صادفت عداء للعلم في عدد من اجتماعات ومؤتمرات الكلية، ما جعلني أدرك أن كثيرا من المواقف التي انتقدها سنو لاتزال شائعة.

وليسمح لي القارئ بأن أبدأ بالحديث عن زملائي العلميين. نلاحظ في أغلب الجامعات الأمريكية أن طلاب العلوم والهندسة ملزمون بتلقي مقررات خارج مجالهم. وتسمى مستلزمات المجال. وذلك حتى يتسلموا درجاتهم العلمية. وتعمد بعض المؤسسات إلى أن تولي اهتماما بالمقررات التي يدرسها الطلاب، ولكن الشائع أكثر أن تتجاهل الهيئة التدريسية الأمر وتسمح للطلاب بتبني نهج يتضمن تشكيلة واسعة ومتباينة من الموضوعات في مجالات الدراسة غير العلمية. واعتدت حين أحضر الاجتماعات التي يناقش فيها أعضاء مجلس الكلية المشهود لهم بعمق الفكر أن أطرح بين الحين والآخر سؤالا بسيطا على طاولة الحوار هو: ما التدريب الذي تريدون أن يتدرب عليه طلابنا خارج مجال التخصص؟».

وغالبا ما تأتي الإجابات على النحو التالي من دون تغيير: 1 - نريد لهم أن يكونوا في وضع أفضل من حيث الاتصال، خصوصا عند الكتابة والتأليف. 2 - نريد أن يتوافر لديهم تقييم أفضل لدور كل من العلم والتكنولوجيا في المجتمع، سواء في الماضي أو الحاضر. 3 - نريد أن تتوافر لديهم رؤية شاملة عن كل العلوم بحيث يتسنى لهم فهم كيف يتلاءم مجال تخصصهم مع المجالات الأخرى. (وتصادف أن حصلت على قائمة تكاد تكون مطابقة لهذه الأجوبة عندما أثرت السؤال نفسه مع علماء من قطاع الصناعة الخاص).

(*)Hans von Baeyer: Maxwell's Demon: Why Warmth Disperses and Time Passes

وبعد أن تستـــتمر المناقشـــة مع زملائي في الكلية لفترة من الزمن ألقي عليهم سؤالا مختلفا تماما. إذ أقول: «وهو كذلك، إذا كان هذا ما تريدونه فمـــا رأيكم في التفاوض مع قســـم اللغة الإنجليزية بشـــأن إضافة فصل دراسي لمقرر مدته 3 ســـاعات يخصص للتأليف للمتخصصين في دراسة العلـــم؟» هنا، وعنـــد هذه النقطة، تـــرى الجميع وقد خرجوا عن المســـار ويقولون «لا، المقرر الدراسي لا يكاد يفسح مكانا لذلك».

بيد أنني أحيانا، وبدافع الرغبة في الإثارة، أبدأ في التمادي أكثر: أليس في الإمكان أن نعهد بمثل هذا المقرر الدراسي التقني إلى مدرسة عليا؟ ما رأيكم في خفض العدد اللازم من البرامج الاختيارية في العلم والرياضيات بحيث نفســـح مجالا للكتابة أو لمقرر دراســـي عن العلم والمجتمع؟ ويؤســـفني هنا أن أقر بأنني على مدى عملي الأكاديمي، وعلى مدى ســـاعات لا حصر لها قضيتها في لجان المقرر الدراسي عجزت تماما عن دفع المناقشة بحيث تتجاوز هذه النقطة.

والجديـــر ذكره أن زملائي لا يعوزهم الـــذكاء وحضور البديهة، إن لديهم هدفـــا واضحا يشـــغل تفكيرهم: يريدون تخريج أفضل العلماء والمهندســـين قاطبـــة قدر الاســـتطاعة. ونتيجة ذلك يركزون اهتمامهم على حشـــو المقرر الدراســـي بأكبر كمية من المعارف الفنية، ويؤدي هذا، كما توضح المناقشـــة سالفة الذكر، إلى الحد من الساعات التي يمكن أن يقضيها الطلاب لاكتساب مهارات من خارج التخصص.

وأزعـــم أن هذا هو الســـبب في وجـــود العالِم النمطي غيـــر الاجتماعي العـــازف عن كل شـــيء عدا بحوثه. ويؤكد الواقع العملي أن المقرر الدراســـي شـــديد التخصص يضر ضررا بالغا بطلاب الدراســـة العلمية، ذلك لأن أقل القليلين منهم هو من ســـيقضي كل حياته العملية عاكفا على طاولة المعمل أو شاشـــة الحاسوب؛ إذ ســـيتغير عمليا موقعهم في العمل ويبدأون في التفاعل مـــع الإدارة والجمهور، وهنا عند هذه النقطة ســـتكون مهـــارات مثل مهارات الاتصال أمرا غاية في الأهمية. زد على هذا أن النهج المنغلق على تعليم العلم والهندسة، الذي أشرنا إليه، من شأنه أن يخلق ظواهر من أشد الظواهر التي أعرفها غرابة، وهي الحقيقة التي أشرت إليها في الفصل الثالث، بأن العلماء العاملين يؤلفون فريقا هو من أكثر الفرق الأمية علميا في مجتمعنا.

وليسمح لي القارئ، بعد أن فرغت من كل ما ذكرت، بأن أبدي ملاحظة أخرى؛ إذ على الرغم من كل هذه الأنواع من القيود المفروضة على المقررات الدراسية فإن خبرتي توضح أن العلماء يشاركون في الثقافات الأدبية والفنية أكثر من أغلبية الجماعات الأخرى. اذهب إلى حفل موسيقي أو مسرح أو أوبرا في أي جامعة، سوف تشهد نسبة كبيرة من الحضور هم من الكليات العلمية. لدي انطباع عام - في الواقع - بأنه من المرجح أنك سوف تجد أن نسبة المشاهدين والحضور من الأقسام العلمية أعلى كثيرا من الحضور من أبناء أقسام الفلسفة أو اللغة الإنجليزية. ونلحظ أنه لسبب ما اكتسب كثيرون من العلماء - فيما يبدو - قدرة على تذوق الفنون، ربما بسبب ما تلقوه وهم لايزالون طلابا، من مقررات خاصة بالتذوق والتقييم الموسيقي.

وثمة تراث شعبي معين يدعم هذا الزعم؛ إذ يقال إن هناك رابطة أسطورية بين الفيزياء النظرية (وهي من أنشطة النصف الأيسر من المخ)، وبين الموسيقى (التي تعمل تأسيسا على النصف الآخر من المخ). وخير مثال يجسد هذه الرابطة قد نجده في أداة الكمان عند ألبرت آينشتين. بيد أنني شاهدت ما يكفي في حياتي لكي أدرك أن آينشتين أبعد من أن يكون استثناء. وأذكر أنه في أثناء تعاظم موجة الرقص الشعبي (الفولكلوري) خلال سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين، وقد كنت معلما للرقص ومُخرجا مسرحيا، اعتدت أن أجد أن جل الراقصين الذكور هم من العلماء أو الباحثين الرياضيين أو متخصصي برامج الحاسوب. ويذهب بي الظن إلى الاعتقاد أن ثمة نوعا من الراحة التي يستشعرها المرء عند الانتقال من نشاط عقلاني خالص إلى نشاط بدني.

ولكن ثمة سببا آخر يجعل العلماء يشعرون بأن من اليسير نسبيا عليهم تجاوز الفاصل بين الثقافتين، وهذا السبب في كلمة واحدة هو اللغة. وسبق أن أوضحت أن اللغة الطبيعية للعلماء هي الرياضيات، وهي لغة عالية التخصص تستلزم استخدام قدر كبير من التدريب. ونعرف من ناحية أخرى أن اللغة الإنجليزية هي اللغة الطبيعية للإنسانيات في أمريكا، وهي الشيء الذي نتعلمه جميعا في أمريكا وفي بريطانيا منذ الطفولة. معنى

هذا أنه إذا ما أراد عالم معرفة شـــيء عن مسرحية لشكسبير (وهنا نعود إلى سي. بي. سنو) فما عليه إلا أن يلتقط المخطوطة أو (وهو الأفضل) أن يشاهد المسرحية. حقا ربما هذا لا يهيئ للشخص فهما عميقا للمسرحية، ولكن فقط مجرد وصف بسيط. ونشير إلى أن سنو حين سأل الحضور لم يكن يطلب من أي منهم فهما عميقا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية.

أحســـب أن هذا الفارق اللســـاني الطبيعي هو الذي يفســـر لنا وجود معيار مزدوج غريب يفصل بين الثقافتين. نحن نعرف جميعا أن كل شخص مشـــارك في حفل غداء فكري مهيأ، كما هو متوقـــع، لكي يتحدث حديثا فيه ذكاء وفهم عن رواية أو فيلم جديد، وليس عن أحدث نتائج تليســـكوب الفضـــاء هابل أو عـــن نظرية الأوتار. وأجد لزامـــا أن أقول إنني كثيرا ما ســـمعت كثيرين من زملائـــي العلميين يعربون عن هـــذا النوع من الغضب نفســـه الذي أشـــعر به إزاء هـــذا الموقف. إنه يبدو لي غيـــر منصف. بيد أننـــي مضطر إلى أن أقول أيضا إنه في حالة افتقاد نوع الإصلاحات التي أقترحها في الفصل الثاني عشـــر فإنني لا أرى أن الموقف سوف يتغير في المستقبل القريب.

وماذا عن الوجه الآخر للفاصل بين الثقافتين؟ ليســـمح لي القارئ بأن أســـتهل بالإشارة إلى أنه مثلما يشارك كثيرون من العلماء في الفنون، فإن كثيرين من زملائي في مجال الإنسانيات والعلماء الاجتماعيين لديهم إلمام ومعرفـــة بأحدث التطورات العلمية. مثـــال ذلك أن دون هيرش، بالإضافة إلـــى كونه مبتكر مفهوم المعـــارف الأولية الثقافية، هو أيضا واحد من أكثر من شـــاهدتهم فهما ومعرفة بالإنجازات العلمية والتكنولوجية على الرغم من واقع أنه أســـتاذ للغة الإنجليزية. كذلـــك زميلي جيمس فيفنر James Pfiffner في جامعة جورج ماســـون، فإنه عالم في السياسة متخصص في دراســـة التحولات الرئاسية وحريص على أن يرسل إلي باستمرار جذاذات لكي أظل علـــى اطلاع دائم على أحدث التطـــورات في مجال تخصصي. عـــلاوة على هذا لم أصادف إلا قليلا من المتغطرســـين المتكبرين، كالذين أثاروا غضب سنو بشدة منذ نصف قرن مضى. وربما سبب ذلك يرجع إلى أنني قضيت جل حياتي العملية داخل الولايات المتحدة.

وعلى الرغم من هذا كله، أحسب أن فكرة سنو الأساسية - وهي أن المشتغلين بالإنسانيات ممن هم على الجانب الآخر من الهوة الفاصلة بين الثقافتين يجهلون كثيرا عن العلم - هي فكرة صحيحة اليوم مثلما كانت كذلك في العام 1959. ويمكن للمرء أن يتبين أحد أسباب ذلك عندما يلقي نظرة على مستلزمات التخصص في الجانب العلمي في الجامعات الأمريكية، الجانب المثير في الشروط هو أن يتلقى العلماء والمهندسون برامج دراسية خارج مجال تخصصهم. ونلحظ أن هذه الشروط التي لم تتغير منذ أيام سنو تطالب، وبشكل شبه دائم، بأن يقضي الطالب سنة في تلقي مقررات في العلم. والجدير ذكره أنه عادة لا توجد مؤشرات تحدد محتوى هذه المقررات، ولذلك فإن برنامجا دراسيا عن تاريخ الحركة الأمريكية للحفاظ على البيئة يمكن في بعض المؤسسات أن يفي بالغرض، مثله مثل مقرر دراسي في العلم الطبيعي.

وليس عندي الآن اعتراض على تعلم تاريخ حركة الحفاظ على البيئة. ولكن برنامجا كهذا ينبغي ألا يشغل نصف مدة التعليم المقررة لتعلم العلم في الكلية، مثله مثل برنامج تعليمي متخصص في فن إضاءة المسرح، وهو برنامج دراسي قيِّم، ولكن يتعين ألا يشغل نصف وقت العالم للاطلاع على الإنسانيات.

والجدير ذكره أن عدم اطلاع المشتغلين بالإنسانيات على العلوم أفضى، على نحو غريب، إلى إضعاف الحياة الفكرية الأمريكية. مثال ذلك أننا ونحن عاكفون على تجميع مادة «قاموس المعارف الأولية الثقافية» أرسلنا نسخا إلى كثيرين من زملائنا (أصدقاء أو نقاد). وكانت نسبة مئوية كبيرة من هؤلاء أعلام فكر مشهورين - مؤرخين ومعلمين ومعلقين سياسيين وغيرهم - ورد أكثرهم بإرسال دراسات تحليلية عميقة ومطولة تناولوا فيها عملنا الذي نحن بصدده. ولكن ما أذهلني عند قراءة هذه الإجابات أنه في الوقت الذي قدم فيه العلماء تعليقات تناولت هيئة التحرير، عمد آخرون إلى الاسترسال في تفصيلات كثيرة عن قسمي الأدب والسياسة، ثم التعقيب على هذا بجملة اعتذار من مثل «ولكن من الطبيعي أنني في الحقيقة لست مؤهلا للحديث عن العلم». وحقيقة فإن هؤلاء الأعلام

المشهورين تعوزهم الثقة لتحليل العلم بالطريقة نفسها التي يحللون بها كل جوانب الثقافة الأمريكية، مما يؤكد اطراد الهوة الفاصلة بين الثقافتين في عصرنا الحديث شأن كل شيء أعرفه في الحياة.

الثقافتان اليوم: انعطافة ما بعد الحداثة

لتكــن الحياة الأكاديمية على مــا هي عليه، فثمة أيضــا رؤية جديدة مطروحة بشــأن الهوة بين الثقافتين ظهرت خلال العقدين الأخيرين. رؤية لم يكن ليحلم بها ســنو. وأشــير هنا إلى شــيء تطور، إلى ظاهرة تسمى حروب العلم في أواخر تسعينيات القرن العشرين.

ولا عليك إن لم تكن قد ســمعت شــيئا عن هذه الحــروب، وذلك لأن أغلبية العلماء لم يسمعوا عنها أيضا (وكثيرا ما تساءلت في دهشة عما إذا كان بالإمــكان القول بأن ثمة حربا قائمة بينما أحد طرفيها لا يدري بها)، يمكن القول في البداية إن حروب العلم نشبت بفعل فلسفة ما بعد الحداثة غير التقليدية التي سرت كالعدوى داخل أقسام الإنسانيات في الجامعات الأمريكية في أواخر القرن العشــرين (ويقال لي إنها الآن في ســبيلها إلى الخمود). وتأسيسا على النظرية الأدبية الفرنسية فقد أكدت وجهة النظر هذه البناء الاجتماعــي للمعرفة، ومن ثم تنكر عادة صواب فكرة الحقائق الموضوعية. ونعرف أن أشــد دعاتها تطرفا (وما أكثرهم) قد انحدروا إلى صورة مبتســرة مــن الذاتية أو الأحادية المطلقة؛ مســتخدمين حججا من النوع الذي اســتخدمه صمويل جونســون حين رفس صخرة بقدمه قائلا «ولهذا أنا أفندها [فلسفة الأسقف بيركلي] (*)» (3).

وســبق لي أن أوضحت في الفصل الأول أن العلم مختلف عن الأنشطة الفكريــة الأخــرى، لأنه يعتمد على حكــم منزه للأفــكار الطبيعية ذاتها. فبالنســبة إلــى العالِم، بمجــرد أن تنطق التجربة، ينتهــي النقاش. وهذا الجانــب تحديــدا من العلم - الــذي أدفع بأنه لب المشــروع برمته - هو ما يهاجمه فكر ما بعد الحداثة.

(*) جــورج بيركلي (١٦٨٥ - ١٧٥٣)، هو فيلســوف وأســقف أنجليكانــي إيرلندي كان من أهم مســاندي الفلســفة اللامادية أو الجوهرية التي تنفي وجود شيء اســمه المادة، وترى أن العالم المادي، كما يفهمه البشر، لا يعدو كونه فكرة في عقل الله. [المترجم].

وأود أن أقـول، قبل أن نسترسـل: إنني لا أشـك حقيقـة في أن ثمة مكونـا اجتماعيا في العلم. إن العلماء يتحدثون بعضهم إلى بعض، وتتطور أفكارهم وسط سياق اجتماعي. زد على هذا أن العلم ثاوٍ في بطن الثقافة الأوسـع نطاقا، ومشـارك في المفاهيم المسـبقة وأنماط الفكر السائدة. مثال ذلك أن إسـحق نيوتن لم يكن بوسعه أن يتصور مبادئ النسبية بقدر ما لم يكن بوسـعه تأليف مقطوعة من موسـيقى الراب. علاوة على هذا فإن العمليات الاجتماعية والسياسـية يمكن أن تؤدي إلى تسريع أو إبطاء تقـدم مجال معين من مجالات العلـم. ويكفي - كمثال - أن نتأمل الموقف الأمريكي الراهن من موضوع الخلايا الجذعية. ومن ثم لا يوجد أدنى شك في أن المناخ الاجتماعي العام له تأثيره في العلم.

ونظرا إلى أن العلماء يشـكلون - فيما بينهم - مجتمعهم الخاص بهم، هنـاك أيضا قيود داخلية على البحوث داخل كل مبحث علمي، وهي قيود ليست لها علاقة كبيرة بمتطلبات العلم ذاته. مثال ذلك أنه في مطلع القرن الواحد والعشرين أصبح شبه مستحيل على العلماء الذين اعتادوا التشكك في عقيدة احترار كوكب الأرض أن ينشروا أعمالهم في كبريات الصحف. وسـاد اتجاه عام بأن التعبير عن الشـكوك حول التنبؤات الذائعة يستغله السياسـيون لتجاهل تحذيرات عموم الباحثين. ويميل مثل هذا السـلوك إلى أن يؤدي إلى نتائج عكسـية، وإن كنت أجد فيه شـخصيا سـببا للعار يلحق بالمسـؤولين عن التحرير. ونعـرف أن من دواعي البهجة الكبرى في الحياة العلمية أن صحيفة مهمة مضطرة إلى تغيير سياسـتها في مواجهة معلومـات كاسـحة. وحري بنا أن ندرك أن المحررين هـم في نهاية الأمر علمـاء، وأنهم مثل جميع العلماء سـيقبلون عمليا، ولو على مضض، حكم العالم الطبيعي.

وأذكـر حادثـة وقعت في ثمانينيـات القرن العشـرين توضح لي حدود السيطرة الاجتماعية على العلم. حدث هذا وقت بداية تصدر الفكرة القائلة إن حيـوان الديناصور انقرض تحت تأثير كويكـب كبير. وتحتل هذه الفكرة الآن مكانا لها في المراجع الدراسية. ولكن كثيرين من الباحثين الجيولوجيين آنذاك رأوا أنها فكرة تثير اضطرابا عميقا. ويرجع قلقهم إلى سبب تاريخي

في الأســـاس. ونبعت صراعاتهم الأساســـية في مجال علمهم من محاولات قدامـــى الجيولوجيين الذين حاولـــوا ترجيح ومناصرة فكـــرة تقول بالتطور التدريجي لســـطح الأرض. وهذه فكرة واجهت معارضة شرســـة من القائلين بأن الأرض شـــهدت أحداثا كارثية مثل طوفـــان نوح. وإذ حقق الجيولوجيون انتصارا كبيرا في هذه المعركة التاريخية بعد جهود جبارة خلال القرن الثامن عشـــر فقد كانوا حريصين أشـــد الحرص على ألا يسمحوا لأي كان - خاصة علماء الفيزياء - بتسريب نوع آخر من الكوارث في تاريخ كوكب الأرض.

وبســـبب هذه البنية الذهنية الفلســـفية، حدث كثير من مظاهر التردد بشـــأن نشـــر كتب ذات علاقة بتأثير الكويكب. وأذكر على سبيل المثال أن مجلـــة Smithsonian Magazine اضطرت إلى ســـحب مقال يتعلق بهذا الجدل بســـبب أن أحد كبار المحررين بالمجلـــة، وهو عالم إحاثي، اعترض على أن تنشر المجلة موضوعا شبهه بمثلث برمودا.

علـــى أي حال، وقتما احتدم الجدل وبلغ ذروته كنت أشـــارك في حلقة بحث تحدثت فيها عالمة معنية بعلم اجتماع العلم. عرضت دراسة تفصيلية عن المناقشـــة السياســـية التي تضمنتها عملية الترويـــج للفرض الخاص بالكويكـــب - من تحدث مع مَنْ مِنَ المحررين، ومن حاول إعاقة نشـــر ورقة بحـــث ما، وما إلى ذلك. وبدا تحليلها مصداقـــا حقيقيا للمثل القديم عن صناعة المقانق: الجمال في تذوقه لا في مشاهدة عملية إعداده... أوليس جميلا في أغلب الأحيان أن نشاهد تفاصيل ميلاد فكرة علمية؟

والمثير أن أحدا من العلماء في القاعة لم يبدِ دهشة إزاء التحليل الذي قدمته. إذ كنا جميعا على وعي كامل بأن مجتمعنا له نهجه المميز في سياســـته. ولكن ما صدمنا حقا هو أن المتحدثة بدت لنا كأنها ترى أن الاســـتغراق في السياســـة هو الذي فرض صدق الغرض الخاص بالكويكب. وتضاعف شعورنا بإنكار ما ذهبت إليه، حتى أن أحد كبار علماء الإحاثة لم يستطع صبرا وتكلم أخيرا. وقف ووجَّه إليها سؤالا: «هل يعرف علماء الاجتماع أن هذه المعلومات مهمة؟».

يبين هنا أن السياســـة فـــي رأي العلماء الحاضرين فـــي القاعة تمثل تفاصيـــل غير جوهرية بحيـــث إن تأثيرها أضعف ما يكون بالنســـبة إلى الفـــرض الخاص بالكويكب. إن ما يعنينـــا هو تراكم المعلومات التي دعمت

الفرض، ذلك لأننا عرفنا أن الفوز يكون للمعلومات في نهاية المطاف. بيد أن زميلتنا صاحبة اتجاه ما بعد الحداثة ترى أن المعلومات (حتى إن بدت في غير موضعها) تمثل جانبا غير جوهري في العملية. وبدا أنها تؤمن بوضوح بأن ما حفز المجتمع العلمي على قبول هذا الفرض هو كل المكالمات الهاتفية التي جرت من وراء الكواليس مع المحررين وما إلى ذلك.

وهكذا تتمخض هذه المعلومات بشأن الثقافتين عن الحاجة إلى التساؤل بشأن ما ترى المجتمعات المختلفة أنه مهم من وجهة نظرها. ويمكن القول - بوجه عام - إن العلماء لا يعترضون على أن يدرس الناس أساليب وعناصر العمل الداخلية في مجتمعنا. هذا على الرغم من أن أغلبنا، إذا ما صدقنا القول، يجد في هذا بعضا من أسباب الضجر. ونلحظ أن من تأسرهم سياسة العمل والعاملين لن يختاروا في النهاية على الأرجح الاشتغال بالعلم. ولكن المعلومات هي الشيء المهم بالنسبة إلينا في النهاية. ونحن نصر على وجود فارق أساسي بين شيء مثل القانون الثاني للديناميكا الحرارية والاتفاق الاجتماعي على أن الضوء الأحمر في المرور يعني «قف».

ولكن من يشغلون الجانب الآخر في حروب العلم، أو على الأقل من هم في الطرف الأقصى منه، غالبا ما ينكرون وجود فارق حقيقي بين الاثنين. عندهم أن العلم، بكل صوره، هو بناء اجتماعي مثله مثل قوانين المرور. ويشعر العلماء بإحباط كامل تجاه هذه النظرة. وأدى هذا الشعور بأحد علماء الفيزياء إلى دعوة خصم له في أثناء حوار معه - إلى عمل اختبار للبناء الاجتماعي للجاذبية بالقفز من شرفة بناء مرتفع حيث يجري الحوار.

وأشعر بأنني مدين لأستاذ اللغة الإنجليزية بجامعة أوكلاند البروفسور بريان بويد نظرا إلى دراسته التحليلية الرائعة لهذه المشكلة في مقال له في العام 2006 نشرته مجلة الباحث الأمريكي The American Scholar؛ إذ لخص مخطط ما بعد الحداثة في ضوء مسلمتين:

1- لا قاعدة أساسية antifoundationalism، أي المذهب القائل بأنه لا شيء، بما في ذلك العلم، بوسعه أن يقوم على أساس من حقيقة محصنة ضد النقد والهجوم.

2- الاختلاف، وهو المبدأ القائل بأن جميع أحكام الحق والصدق نابعة وفـق معايير محلية، ومن ثم لا يمكـن أن تكون حقائق كلية (وهذا الأخير هو ما أسميه على نحو مجمل البناء الاجتماعي).

ونحـن في إمكاننا الدخول إلى لب الموضوع إذا ما تركنا جانبا القضية المنطقيـة الخاصة بادعاء حقيقة كلية، وأن لا مجال لصواب الزعم بوجود مثل هذه الحقيقة. وإذا ما عدنا إلى تفسـيري السـابق للمنهج العلمي في الفصل الأول لوجد القارئ أن الجوهر الحقيقي في هذا المنهج هو أن العلم محوره الاختبار المطرد للأفكار. معنى هذا أنه لا يوجد الآن في العلم، ولم يكن هناك قط في الماضي، شـيء اسـمه الحقائق الكلية للعلم، بل يوجد فقـط اقتراب أفضل وأفضل باطراد نحو الواقع. معنى هذا أن مقولة «إنه لا قاعدة أساسية ثابتة» هي إلى حد كبير جزء من العلم، بحيث إننا لم نعد نتناولها بالحديث. ويتهم بويد في الحقيقة أصحاب ما بعد الحداثة بأنهم «يكتشـفون» شـيئا خاصا بالعلم هو في جوهره جزء من صلب العلم منذ زمن طويل. ويتتبع هذه الفكرة ويعود بها إلى داروين. وسـوف أعود بها أنا إلى أبعد من ذلك، إلى نيوتن بكل تأكيد، وربما إلى ما قبله أيضا.

وجدير بالذكر أنني حين قرأت مقال بويد ومضت فجأة في ذهني الأسباب التي من أجلها شعرت بغضب شديد حين استمعت إلى تلك العبارات المغرورة على لسان أصحاب ما بعد الحداثة في كثير من الندوات والمؤتمرات. وهذا هو الشـعور نفسـه الذي ينتابك حين ترى صبيا في بواكير المراهقة يزهو بنفسه كأنه أول من اكتشف الجنس في تاريخ البشرية. ألا ينتج العلم حقائق خالـدة لا تقبل التغيير؟ إن طلابي سـوف يجيبون عـن ذلك بقولهم: «آه... طبعا». لست في حاجة إلى حقيقة أبدية خالدة لإحداث تحورات عميقة في الوضع البشري أو للوصول إلى فهم واسع رحب الأفق عن الكون الذي نعيش فيه. إن مقارباتنا الراهنة كافية تماما في هذا الصدد، وشكرا لك.

ولنا أن نقول بوجه عام، وكما أسـلفت، إن حروب العلم أثرها واهٍ جدا فـي العلوم ذاتها. وهذا موقف غريب إذا ما فكرت فيه. وقد اعتدت دائما أن أستشعر بعضا من الغرابة لوجود مجلات بحث علمي معترف بها تحمل أسـماء مثل سوسـيولوجيا (علم اجتماع) العلم، وفلسفة العلم. ولكن هذه

الميادين ليس لها أي تأثير في عملية العلم ذاته، لسبب بسيط هو أن علماء قليلين هم من يولونها قدرا كبيرا من اهتمامهم.

ويرجع هذا إلى أسباب كثيرة أحدها أن بعضنا، ممن حرصوا على تأمل أدب ما بعد الحداثة، لم يتأثروا بما عاينوه في قليل أو كثير. واعتدنا أن نجد - في أحيان كثيرة - تحليلات مدفوعة بأجندة سياسية يسارية بوجه عام، مقرونة بمعلومات انتقائية بهدف تعزيز مواقف محددة مسبقا. مثال ذلك أن كثيرا من الدراسات الاجتماعية عن الجماعات التجريبية في مجال الفيزياء عالية الطاقة تضمنت معلومات مصدرها فكر نسوي، حيث تكشف عن أن أداء الفرق هو أداء «ذكوري» و«تنافسي». ونظرا إلى أنني شاركت مع جماعات كثيرة من هذه الجماعات في أثناء عملي، أراني مضطرا إلى أن أصرح بأنني لا أرى في هذا التحليل تلك الفرق التي أعرفها. هل أعضاء هذه الجماعات متنافسون؟ نعم بكل تأكيد، ولكنهم أيضا متعاونون. هل هم عدوانيون في علاقاتهم بعضهم ببعض؟ نعم يقينا، ولكنهم أيضا داعمون بعضهم لبعض. صفوة القول إن هذه الجماعات مثلها مثل أي من الجماعات البشرية الأخرى المشاركة في أداء مهمة جمعية معقدة. إن المرء إذا شاء - متعمدا - البحث عن نمط سلوكي محدد فسوف يجده على الأرجح بغض النظر عن نمط هذا السلوك. وإذا ما توقف عند هذا الحد، دون البحث عن أنواع أخرى من السلوكيات، فإنه سيحصل في النهاية على صورة شائهة عما يجري في الواقع. وأنا في الحقيقة كلما قرأت هذه الدراسات فإنني أتساءل: أهل هذا ما يمكن أن تشعر به الذرة إذا كان بوسعها أن تقرأ كتابا مرجعيا في الفيزياء؟ وأقول ختاما إن أغلبية العلماء أكثر ميلا إلى تجاهل انتقادات ما بعد الحداثة، وذلك لسببين: الأول أنها تبدو لنا كأنها تركز على قضايا هامشية. والثاني أنهم حين يحاولون وصف أشياء نعرفها ونألفها نحن العلماء فإنهم يخطئون.

وهناك عمليا جانب آخر من حروب العلم أتردد في التطرق إليه، ولكن له دورا في تحديد موقف العلماء تجاه جماع مشروع ما بعد الحداثة. وأقول من دون مجاملة إن ثمة شعورا بأن معايير الدراسة في هذا المجال ليست عالية جدا.

وأذكر أن آلان ســوكال، وهو عالم فيزياء بجامعة نيويورك، أصبح معنيا أشــد العناية بهذا الجانب مما بعــد الحداثة، ما دفعه إلى أن يجري تجربة بســيطة: جمع عددا من الصفحات لبحث يحمل عنــوان «اختراق الحدود: نحــو تأويــل تحولي للجاذبيــة الكوانتية». ونلحظ أن ورقــة البحث مكتوبة بأســلوب ما بعد الحداثة المتغطرس والمسيَّس، ومن ثم كان محاكاة سافرة. وبدا مثيرا للضحك لأقصى حد. وأذكر للحقيقة أنني لا أعرف عالم فيزياء تأتــى له أن يقرأ أكثر من فقرة مــن دون أن ينفجر ضاحكا، حتى الهوامش كانت مضحكة. وعلى أي حال أرسل سوكال ورقة البحث إلى صحيفة تنتمي بفكرها إلى فكر ما بعد الحداثة اســمها «سوشــيال تكست» Social Text، وهي التي قبلت نشرها. وبعد أن ظهر المقال مطبوعا كتب سوكال مقالا آخر عنوانه «تجارب عالم فيزياء مع الدراســات الثقافية» وأرســله إلى صحيفة منافســة هي صحيفة «لينغوا فرانكا» Lingua Franca. وأعلن ســوكال في مقالــه هذا أن الأمر كلــه خدعة. وواضح أن الصحيفة كانت ســعيدة جدا لحصولها على مقال لعالم فيزيائي جشم نفسه مشاق تعلم لغتها، ما حداها على نشر المقال من دون السؤال عما إذا كان فيما يقوله أي معنى مفهوم.

ولكــن ما أذهلني من عواقــب هذه المغامرة كلها هــو رد فعل محرري صحيفة سوشــيال تكست ومن يدعمونها. إنهم بدلا من أن يشغلوا أنفسهم باســتبطان حالهم وفهم أنفسهم وتوجيه بعض الأســئلة الأساسية – كأن يسألوا أنفسهم، على سبيل المثال: لماذا لم يعرضوا المقال على عالم فيزياء . قنعوا بلوم سوكال لأنه «أساء استخدام ثقتهم». وأكدت هذه القصة – في نهاية المطاف – الرأي الســائد داخل المجتمع العلمــي، وهو أن النقد بعد الحداثي برمته غير جدير بأن نأخذه مأخذا جادا.

وهذا سيئ أشد الســوء، وذلك لأن مفكري ما بعد الحداثة استسلموا في فورة حماســتهم لفكرة أن العلم، شــأنه شــأن النقــد الأدبي، تحكمي وذاتي، وبذلك فإنهم عمليا عمدوا بذلك إلى توسيع الهوة بين الثقافتين من دون ضرورة. ولنا أن نقول في إطار منظور تاريخي إن العلماء من أصحاب الفكر المتميز أولوا اهتمامهم لكل ما قاله الفلاسفة عن مبحثنا الدراسي. ونحن اليوم أيضا كثيرا ما نسمع إحالات إلى مفكرين من أمثال كارل بوبر

وتييار دي جاردان، وذلك حين يشارك العلماء في حوارات واسعة النطاق. والجديـــر ذكره أن الهـــوة الراهنة بين العلوم والإنســـانيات لا تفيد أيا من المجالين بل إنها تسد الطريق أمام أحد مصادر النمو للاثنين.

وأحســـب أن القــارئ لن يدهش حـــين يراني أوجه اللـــوم إلى المفكرين الإنســـانيين بعد الحداثيين لمسؤوليتهم عن هذا التقسيم الحديث. إن إحدى الأفكار الأساســـية في النقـــد الأدبي بعد الحداثي هي «أن لا شـــيء خارج النص». معنى هذا عندي أنهم يؤمنون بأن الأسلوب الصواب لتحليل أي رأي هو النظر فقط إلى ما هو مسطور عن هذا الرأي، وأن يحدث هذا بخاصة بغية الكشـــف عن الانحيازات والأهواء التي يخفيها المؤلف ويســـكت عنها. ولكن العلماء يرون أن السبيل لاختبار أحكام ما هو إجراء التجارب لاستبيان صدقها من عدمه. ومن ثم يبدو لي أن الوقوع في أســـر النص أمر غير ذي صلة بالموضوع على أحسن الفروض، وغريب شاذ في أسوأ الأحوال.

وفي رأينا أن الكلمات المستخدمة عمليا لتقديم زعم ما، من مثل المكالمات الهاتفية مع المحررين، والتي أشرنا إليها سابقا، لا علاقة لها تقريبا بصوابه، ولا للمفاهيم المسبقة الخفية علاقة بذلك أيضا. إن المهم هو الزعم نفسه، حتى إن كان صاحبه رجلا أبيض عنصريا، مصابا بخوف من المثلية homophobic، وكارها للنســـاء، أو فاقدا للحس والشعور (هل من أوصاف أخرى تركتها؟). إن صدق الرأي أو زيفه رهن قدرته على الثبات أمام الطبيعة. أو لنقل بعبارة أخرى إن أي زعم علمي بمجرد أن ينطق به صاحبه يتعين فصله عن قائله، وعليه أن يثبت أو يســـقط بذاته. وتفســـر هذه الحقيقة الواقعة أحد جوانب الســـلوك العلمي الذي كثيرا ما يحير غير المشتغلين بالعلم. والجدير ذكره أن بالإمكان أن يشتبك عالمان في حوار صاخب بشأن فكرة بعينها تتعلق بنظرية أو تجربة ما ثم يخرجا ليتناولا غداء مشـــتركا بوصفهما صديقين حميمين. وســـبب ذلك أن المحاجاة خاصة بزعم لا علاقة له بشـــخصية من يقدمونه ويطرحونه للبحث، ولهذا لا تأخذ المحاجاة صفة شخصية (ومن الطبيعي أن نقول: نظرا إلى أن العلماء بشر مثلهم مثل بقية البشر فقد يحدث أحيانا أن تتطور هذه المواجهات وتتحول إلى مواجهة شـــخصية. ووجهة نظري أن هذا ما ينبغي ألا يحدث، وغالبا ما لا يحدث).

ويفسر لنا تركيز ما بعد الحداثة على الكلمات شيئا آخر يثير قلق العلماء. إنني حين أطالع ما يكتبه كتاب ما بعد الحداثة عن موضوعات مثل النسبية أو ميكانيكا الكوانتم (وهي موضوعات أعلِّمها بشكل منتظم في قسم الفيزياء في مؤسستي) أجد المناقشة غريبة؛ إذ يبدو لي أن المؤلفين يعرفون بعضا من الكلمات الطنانة الرائجة التي تتضمنها هذه المجالات، ولكنهم - على ما يبدو - لا يمتلكون ناصيتها. وحين أشرع في تصفح المراجع أكتشف أن الكلمات العلمية الواردة هي كلمات وعبارات عامة رائجة وليست من أساسيات العلم.

أرجو ألا يسيء القارئ فهمي، إذ إنني لست ضد شيوع ورواج العلم. وأنَّى لي أن أكون كذلك وقد اجتهدت بنفسي كثيرا من أجل هذا الهدف، وأريد أن أدفع، بالإضافة إلى ذلك، بأن مثل هذا التعميم له دور مهم في نشر ورواج المعارف الأولية العلمية. ولكن ثمة مسافة طويلة فاصلة بين توافر المعلومات الأولية العلمية للمواطن العادي وبين عرض دراسة علمية تستهدف حضورا من أكاديميين متخصصين. ومن ثم لنا كل الحق في ضرورة أن تعتمد الثانية دون الأولى على معايير رفيعة المستوى.

ويبدو لي أن أقل ما يمكن أن نتوقعه من شخص يزمع الحديث عن الدلالات الفلسفية العميقة لميكانيكا الكوانتم هو أن المتكلم يفهم ما هي ميكانيكا الكوانتم. وكما أوضحت خدعة سوكال، فإن إصرار فلاسفة ما بعد الحداثة على أنهم مؤهلون للحديث عن موضوعات صعبة، تأسيسا على قراءات لكتب شعبية رائجة، من شأنه أن يجعل العلماء يحجمون عن أخذهم مأخذا جادا. ولهذا أعود لأقول إننا نعيش هوة بين ثقافتين، بيد أن العلماء هذه المرة هم من يعمدون، ولديهم المبررات الكافية، إلى إغفال بعض، إن لم نقل كل، ما يقوله أصحاب الدراسات الإنسانية.

المعارف الأولية العلمية تسد الهوة

أحسب أن هذه الهوة التي صنعتها فلسفة ما بعد الحداثة أقل خطرا من تلك التي كانت موجودة أيام سنو. ويرجع ذلك إلى أمر واحد هو أنها تطورت خلال فترة أقصر، وضمت فقط عددا صغيرا نسبيا من

الباحثين من الجانبين. وثمة سبب آخر ذكرته فيما سلف وهو إحساسي بأن الانعطافة بعد الحداثية برمتها على الطريق لتصبح في عداد الماضي في كثير من المباحث العلمية. ولكن يبدو لي واضحا كل الوضوح أن سنو كان بصدد أمر مهم، أمر لاتزال أصداؤه ودلالاته وتأثيراته ماثلة في التعليم اليوم.

وليسمح لي القارئ بأن أبدأ بتعليم العلماء والمهندسين، وأعود لأقول ما قلته سابقا، وهو أن النظام التعليمي الحالي ينطوي يقينا على جوانب أتمنى تغييرها، بيد أنني أعتقد - فيما يتعلق بمسيرتنا من أجل سد الهوة الثقافية - أننا لم نتعثر كثيرا فيما يخص هذا الجانب من المعادلة. إنني لا أرى في محيط العلماء أي بحث منهجي على مستوى المعارف الأولية الثقافية يناظر الدراسات التي ناقشتها في الفصل السادس، الخاصة بالمعارف الأولية العلمية. بيد أنني، على الرغم من ذلك، إذا ما تأملت النظام التعليمي إخال علماء المستقبل سوف يتلقون، بنجاح، قدرا كبيرا من التدريب نفسه في الإنسانيات وعلماء الاجتماع شأن أي إنسان آخر. مثال ذلك أن باحثا كبيرا في الفيزياء سوف يطلع على قدر كبير من الأدب مثله مثل عالم الاجتماع، وكذا عالم الكيمياء سوف يطلع على قدر كبير من علم الاجتماع على مستوى الباحث الكبير في الأدب. ويذهب بي الظن، بناء على ما سبق، إلى أنه إذا ما، وعندما تتحقق وتكتمل الدراسات الخاصة بالمعارف الأولية الثقافية، سوف يتحسن أداء العلماء ويعادلون في إنجازهم غيرهم من طلاب الجامعة.

بعد أن فرغت من هذا أود أن أضيف - على عجل - أنني لا أعتقد أن أيا من طلاب الجامعات الأمريكية اطلع على قدر كاف من الإنسانيات أو العلوم الاجتماعية، وثمة قصص مروعة عن ذلك، مثل قصة الطالب الذي ظن أن تورنتو هي عاصمة إيطاليا. ولا ريب في أن هذه القصص ترجع في أساسها إلى مثل هذا السبب. ونقول من باب الإنصاف إن هذه المشكلة ذائعة في كل ميادين الدراسة. ونقول في عبارة أخرى، لا شيء خاصا يتعين تغييره في تعلم الإنسانيات والعلوم الاجتماعية لمصلحة علماء ومهندسي المستقبل دون أي من الدارسين الآخرين.

ولكن أعود لأسـأل سؤالا أكرره باسـتمرار في هذا الكتاب، وهو: ماذا عن الأغلبية السـاحقة؟ ماذا عن تعلم العلم بالنسبة إلى غير العلماء؟ أود أن أؤكـد أن هـذه الفئة لم تتلـق الخدمة الجيدة من النظـام الراهن. إذ يتخرج الطلاب وحصادهم شـذرات معرفية عن العلم، ثم يجدون طريقهم إلى المجتمع حيث يتعين عليهم إصدار قرارات في قضايا تتضمن مجالات بحـث لم يطلعوا عليها، فكيف لنـا أن نتوقع من امرئ أن يدلي بتعليق فيه ذكاء وفهم عن أحدث نتائج تليسـكوب الفضاء هابل، أو عن مكانة نظرية الأوتار، إذا كان كل حصاد قراءاته عن العلم لا يتجاوز برنامجا تعليميا مثل كتاب المبادئ الأولية لتعليم الجيولوجيا والمعروف باسم «جيولوجيا 101».

وأعتقد أن أفضل سبيل لسـد الهوة الفاصلة بين الثقافتين هو التيقن من أن جميع الطلاب، بمن فيهم طلاب الجامعات، درسوا الإطار الأساسي للمعارف التي نسميها المعارف الأولية العلمية. وأحسب أنه هنا، وهنا فقط، سـوف يحتل العلم مكانه اللائق والصحيح تاليا لبقيـة المباحث الفكرية، باعتباره جزءا أصيلا من ثقافتنا.

5

المعارف الأولية العلمية: برهان من علم الجمال

«إذا اتجهنا بمناظيرنا من التلسكوبات بعيدا عن مجموعتنا التي تمثل بيتنا الصغير الدافئ، فسوف نرى سلاسل غائمة من المجرات، ممتدة في منتصف الكون، وفي داخلها نجوم متفجرة ومجرات وليدة تنفث طوفانا من الطاقة لا يمكن تخيله. ترى من يوازن بين هذا الجلال المهيب والرؤية الفقيرة بالعين المجردة؟»

المؤلف

يبدو لي، ولأسباب لم تتضح لي تماما، أن ثمة اعتقادا تاريخيا بضرورة وجود صراع دائم بين العلم والفنون. وإذا تأملنا هذا الرأي فسنكتشف أنه أمر يصعب فهمه. إذ نعرف في النهاية أن كلا من المبحثين زاخر بمبدعين على مستوى رفيع، عاكفين على أداء مهام شبه مستحيلة، وهي محاولة استكناه معنى الكون. وهنا قد يرى المرء أن الأولى أن يتحقق نوع من التعاطف المتبادل بين الاثنين على أقل تقدير. ليس معنى هذا إنكار أي فوارق بينهما، هناك فوارق بالفعل. ويؤكد باحثون كثيرون، أن العلم في جوهره إنجاز عام يعتمد، على الأقل من حيث عرض النتائج، على الاستدلال المنطقي، بينما الفنون

تجمع بين كونها أكثر خصوصية وأكثر باطنية. ولعل هذا هو ما ألهم عالم البيولوجيا الفرنسي كلود برنار حكمته البليغة التي تقول: «الفن هو أنا، أما العلم فهو نحن».

والشيء اليقيني أن الصورة النمطية في الأذهان عن العالم والفنان تكون على النحو التالي: العالم حابك لباسه، أو نراه مرتديا سترة المعلم ويتحدث بأسلوب منطقي، بينما الفنان متحرر غير متمسك بالتقاليد في ملبسه وشكله، لا تخلو سترته من بقع الألوان فضلا عن أنه مزاجي. وإذا كان الواقع يؤكد أن هذه الأنماط محدودة في الحياة الواقعية فإن هذا لا يغير من حقيقة مؤكدة، وهي أنها أنماط موجودة. والسؤال هو كيف نتعامل معها في ضوء المعارف الأولية العلمية.

وأريد أن أقدم في هذا الفصل مقترحين يناقضان كلا من الغرض الخاص بالأنماط والصراع التاريخي المزعوم: (1) أن المفاهيم «المعتدلة المألوفة» عن الجمال كان لها دائما دور مهم في العلوم؛ (2) إن توافر فهم للعلم يمكن أن يؤدي عمليا إلى تحسن التقييم الجمالي لدى الشخص العام بشأن جمال كل من الطبيعة وأعمال الفنانين، بل ويمكن في بعض الحالات أن يكون عاملا مساعدا للفنانين أنفسهم. أو لنقل بعبارة أخرى، إن علم الجمال لا يمثل فقط جزءا مهما من العلم، بل إن نمط المعارف التي نسميها المعارف الأولية العلمية يمكن أن يمثل هو أيضا جانبا مهما من الخبرة الجمالية ذاتها.

جدير بالذكر هنا أن المقترح الأول القائل بأن «مفهوم الجمال - أي المعايير الجمالية - ليس دخيلا على العلم» قد يبدو غريبا إلى حد ما في نظر كثيرين. إنهم كثيرا ما تصيبهم الدهشة إذا عرفوا أن كثيرا ما يمكن أن نسمع علماء يتحدثون عن الجمال باعتباره جزءا متكاملا وواحدا مع مبحثهم الخاص، وسوف أدفع أن مصدر هذه الدهشة واقع أن استخدام المعايير الجمالية عملية ثانوية في أعماق العلوم، وهو ما لا يكاد يحدث أبدا عندما نتناول موضوع العلم في أحاديثنا العامة.

ولقد كان المقترح الثاني موضوعا لبعض الحوارات التاريخية، خصوصا في أوج الحركة الرومانسية خلال القرن التاسع عشر. مثال ذلك أن بعض الشعراء زعم أن المعارف العلمية يمكن عمليا أن تدمر قدرتنا على تقييم

المميزات الجمالية للعالم. وحتى أكون أمينا أقول: إنني لم أصادف قط في حياتي فنانا أو موسيقيا أو راقصا ساوره مثل هذا الشعور، لكن القصائد موجودة وتستثير مشاعري بحيث لا أستطيع أن أقاوم رغبتي في أن أقول شيئا عنها. وسوف أؤكد أن العلم أبعد شيء عن أن يكون عائقا، بل هو عون حقيقي لنا في التقييم الجمالي للطبيعة. أكثر من هذا أن نوع المعارف العلمية، التي نذهب في أفضل تقديراتنا إلى أنها تؤدي إلى تحسن تقييمنا الجمالي للعالم، هي تحديدا المعارف ذاتها التي نحن في حاجة إليها للعمل كمواطنين نشطين وواعين، ألا وهي نمط المعارف التي سميناها المعارف الأولية العلمية.

أخيرا سوف أختم المناقشة ببعض التعليقات على المساعدة المباشرة التي يمكن للعلم والتكنولوجيا أن يقدماها لممارسات الفنان في حياته الفنية.

الجمال في العلم

الجمال في عيني المشاهد، وقد يحتاج المرء أحيانا إلى بعض التدرب ليراه. وحيث إنني هاو مغرم مدى حياتي بكرة القدم، فإنني كلاعب ومشاهد أرى أن من اليسير نسبيا علي أن ألتقط التفاصيل - أو لنقل جمال اللعب - في الصراع بين لاعبي قلب الهجوم، وهو ما يبدو في نظر زوجتي ضربا من العشوائية، لأنها هاوية جديدة ساذجة. ونجد من ناحية أخرى أنني حين أشاهد لعبة رياضية غير مألوفة لي في الأوليمبياد - مثل لعبة التزلج على الجليد المعروفة باسم الكرلنغ - أفتقد أي تقدير لجمال يزعم الآخرون بوجوده. وأحسب أن الإحساس بالجمال في الاشتغال بالعلم قد يكون على المنوال نفسه، أعني شيئا يستلزم خلفية ما من المعارف لكي يدركه المرء ويقدره.

وواقع الحال أن العلماء في الحقيقة يحسون جمالا فيما يدرسونه. وبعض هذا الجمال واضح: بريق البللور وعظمة المجرة البعيدة، فهذه وتلك لهما جمال مثير. بيد أنني أريد التحدث عن نوع من الجمال أعمق شأنا، وهو جمال ليس واضحا بذاته تماما للحواس. أريد أن أتحدث عن الجمال الفكري للأفكار العلمية.

اختتم داروين كتاب «أصل الأنواع» بتعقيب نصه: «ثمة جلال نستشعره في هذه النظرة (التطورية) عن الحياة». وهذه عبارة اســتعارها ســتيفن جــاي غولد لتكون عنوانــا لأعمدته التي تحمل عنوان «هــذه النظرة إلى الحياة»، والتي واصل كتابتها سنوات كثيرة في صحيفة «التاريخ الطبيعي». أراد داروين أن يؤكد لنا أن التطور البطيء الذي يكشــف عن ذاته باطراد على مدى ملايين الســنين كان بكل معنى الكلمة أكثر جمالا وجلالا وأكثر إثارة للاهتمام من قصة التكوين في التوراة. وعبر عن هذه المشاعر توماس بيرنيــت عندما ألف في العام 1684 «النظرية المقدســة عن الأرض»، في العبارة التالية:

> **إن صانــع الســاعة التي تــدق دقاتها بانتظام كل ســاعة بفضــل الزنبركات والعجلات التي وضعهــا في داخلها، نراه أفضــل مــن صانع ســاعة آخــر يضطــر إلــى دس إصبعه كل ساعة ليجعلها تدق** [1].

وبعــد أن رصد داروـين 14 فصلا يكدس خلالهــا الأدلة والبراهين مؤكدا فرضيته، واختتم دراســته بمناشــدة لتلمس الجانب الجمالي في التطــور. وعلى الرغم من أن كثيرين اقتبســوا عبارته هذه مرات عديدة فإننــا نلاحظ أنه كثيرا ما أُغفلت الحقيقة التي تكشــف عنها، وهي أن بالإمكان الحكم على نظرية علمية تأسيســا على جمالها. ويرجع ســبب الحذف، كما ذكرت آنفا، إلى واقع أن الفكرة متأصلة راســخة للغاية في النظــرة العلمية إلى العالم، مما جعل من العســير على العلماء الالتفات إليها، بينما تبدو غريبة وشــاذة في نظر غيــر العلماء بحيث يأبون حتى اعتبارها مجرد إمكانية.

لكــن ليــس علينا أن نرجع إلــى داروين من دون ســواه لنتلمس معيار الجمال في العمل. ليســمح لــي القارئ بأن أضرب مثــالا من النظريات الأعمق المحيطة بنــا، والتي يراها الفيزيائيون نظرية من أجمل النظريات قاطبة. نعرف أنه حين اقترح ألبرت أينشــتين نظريته عن النســبية العامة العام 1916 بدت النظرية معلما لتغير أساســي في طريقة تفكير البشــر في الكون. (ولم يكن مصادفة أن أطلقت مجلة تايم في عددها الصادر في

31 ديسمبر العام 1999 على أينشتين اسم شخصية القرن). ونلحظ أن المبدأ العميق الذي تتبنى عليه النظرية مبدأ جميل بقدر ما هو عميق: أكد أينشتين أن الكون الممكن الوحيد هو الكون الذي لا تؤثر فيه وجهة نظر المشاهد (أو حتى نكون علميين، الإطار المرجعي) في قوانين الطبيعة التي يدركها المشاهد. أو لنقل بعبارة أخرى إن الكون الوحيد الممكن هو الكون الذي يدرك فيه جميع المراقبين القوانين الفاعلة فيه ذاتها بغض النظر عن أين هم وكيف يتحركون.

وهذا مفهوم جميل وقوي لأنه يسمح لنا أن نستبعد جميع أنواع الأكوان الممكنة التي يمكن أن نحيا فيها. مثال ذلك إذا حدث أن اقترح شخص ما نظرية يكتشف فيها عالم قوانين فاعلة في نجم قنطورس الرئيسي، ومختلفة عن القوانين التي نعرفها على كوكب الأرض، فإن مبدأ النسبية يسمح لنا بأن نطرح تلك النظرية جانبا من البداية. ويفيد المفهوم أيضا بأن كون نيوتن الميكانيكي البسيط ليس بوسعه أن يفسر لنا عالما تتحرك فيه الأشياء بسرعات تقارب سرعة الضوء. وهكذا استلزم مبدأ النسبية مراجعة جذرية لفكرنا عن نظرتنا العلمية إلى العالم، هذا بطبيعة الحال إذا ما كان المبدأ الأساسي صوابا.

وهاهنا المحك، ذلك لأننا إذا عدنا إلى الفصل الأول وراجعنا خطوات المنهج العلمي سيتبين لنا أنه قبل أن يتسنى لنا قبول أي فكرة عن العالم يلزم اختبارها على أساس الملاحظة والتجربة. وطبيعي أن النسبية، شأن أي فكرة علمية أخرى، لابد من وضعها على المحك مع الطبيعة. وإذا لم تنجح في هذه الاختبارات، فإن هذا يعني، بكلمات منسوبة إلى كل من عالم البيولوجيا البريطاني جي. بي. إس. هالدن وتوماس هكسلي «أننا إزاء نظرية جميلة أخرى دمرها واقع قبيح». ونحن لكي نفهم ما حدث بعد أن نشر أينشتين نظريته أجدني مضطرا إلى عمل انعطافة قصيرة عند هذه النقطة، لكي أتحدث وأبين كيف يمكن اختبار مثل هذه النظرية. وأرجو من القارئ أن يعتبر، إذا شاء، الفقرات القليلة التالية بمنزلة محاولة من جانبي لاستكمال جزء صغير من إطار المعارف الأولية العلمية الخاصة به.

والمشكلة هي أنك إذا نظرت إلى التكنولوجيا المتاحة العام 1916 ثم ألقيت نظرة إلى الفارق بين ما كان يمكن أن يتنبأ به كل من أينشتين ونيوتن بشأن نتيجة قياس محدد، ستجد أن الاختلافات موضوع التنبؤ أقل كثيرا جدا من دقة الأدوات المتاحة. وسيبدو وكأنك عمدت إلى التفرقة بين نظريتين كل منهما تتنبأ عن مدى الزمن الذي يمكن أن تستغرقه عملية ما، وإذا بالفارق ليس سوى بضع ثوان، بينما كل ما تملكه لقياس الزمن مزولة، أي ساعة شمسية، ولا شيء آخر. وواضح أنه لن يتسنى لك الكشف عن أي اختلافات بين التنبؤين حتى على الرغم من وجود اختلافات. ولقد كان الموقف هو نفسه، فيما عدا بضعة اختبارات مذكورة فيما بعد، من حيث العالم النيوتوني القديم والكون النسبي الذي صاغ صورته أينشتين، إذ لم تكن هناك ببساطة اختلافات واضحة بين الاثنين بما يسمح بالتفرقة بينهما.

كان هناك مكانان في العام 1916 تظهر فيهما الاختلافات بين النظريتين واضحة تماما عن طريق الأدوات المتاحة. تضمن المكان الأول قدرا قليلا من الاضطراب في فلك الكوكب عطارد. وكان علماء الفلك يعرفون هذا الاضطراب منذ عقود، ولكنهم عجزوا عن تفسير مصدره. لكن النسبية هيأت دفعة على الطريق لتجعل الكوكب يكشف عن التفسير. وإذا شئنا الوصف الدقيق نقول إن العلماء لا يستخدمون مصطلح التنبؤ لوصف هذا التتالي للأحداث، بل يستخدمون كلمة بيان ارتجاعي retrodiction لوصف موقف أمكن فيه حل مشكلة لم يتسن حلها في السابق، لكن أمكن حلها في ضوء نظرية جديدة. ويبدو واضحا، مع هذا، أن تفسير فلك عطارد يتطابق مع روح المنهج العلمي.

لكن الاختلاف الآخر بين نيوتن وأينشتين قاد إلى تنبؤ حقيقي. إذ تنبأت النسبية العامة أن الضوء حين يمر بجوار جرم ضخم مثل الشمس، فإن مساره سوف ينحني، لهذا فإن المصدر سيظهر وكأنه تحرك قليلا بالمقارنة بهذا المصدر نفسه، إذا نظرنا إليه لو لم تكن الشمس موجودة على مدار المسار. وطبيعي أننا عادة لا نستطيع أن نرى ضوء نجم عند مروره قرب الشمس، إذ يحجبه ضوء الشمس. ونذكر أنه في العام 1919

قــاد عالم الفلك البريطاني آرثر أدنغتون بعثة كشــفية لتصوير الســماء في أثناء حالة خســوف وهو فوق جزيرة بريتسيب قبالة الشاطئ الغربي لأفريقيا. واكتشــف تحديدا نوع النقلة التي تنبأ بها أينشتين. وأدى إعلان هــذه الواقعة إلى الارتفاع بمكانة أينشــتين ليصبح النجم العالمي الأعظم (أشعر في الواقع بالدهشة إذ أكتشف أنه لايزال حتى اليوم محتفظا بهذه المكانــة. ويكفي أن نعرف أن صور أينشــتين المطبوعة على ورق كبير تباع بانتظــام في مكتبات كليات الجامعات ومعروضة جنبا إلى جنب مع صور همفري بوغارت ومارلين مونرو).

وأذكر بهذه المناسبة، ما يتسق مع موضوعي في هذا الفصل، أن أدنغتون أعلن اكتشافه أمام بعض من أصدقائه محاكيا رباعيات الخيام:

دع الحكمة تقارن، تقيس، وتزن

اليقين،على الأقل أنه للضوء وزن[2].

وهكــذا توافر لدينا بحلول العــام 1919 تنبؤ ناجح، أي بيان ارتجاعي ناجح retrodiction، وكان فوزا عظيما. وطبيعي أن هذا لم يكن في الماضي دليلا كافيا لقبول نظرية، لكن في حالة النسبية كان كافيا. وجدير بالذكر أنــه علــى مدى 40 عاما ســلم المجتمع العلمي بالنظريــة على الرغم من ندرة أسباب التأكيد. وسبب ذلك بسيط: ذلك أنه توافر الاستعداد المسبق للتســليم بها نظرا إلى أن العلماء أدركوا جمالها. ويمكن القول بمعنى من المعانــي إن جمال النظرية جعل العلماء مهيئين للتســليم بها أكثر مما هي الحال عادة.

ولنــا أن نقــارن بين هذا الموقف وموقف آخر حدث في خمســينيات القرن العشــرين عندما برز على المســرح علم تغيرات القشــرة الأرضية plate tectonics، والــذي يمثــل نظريتنــا الراهنة عن بنيــة وديناميات الأرض. لم تكــن النظرية جميلة على نحو محدد، علاوة على تناقضاتها مــع عدد من المعتقدات التقليدية عن الكوكب. ومن ثم اضطرت في هذه الحالة إلى الاســتعانة بأطلال من المعلومــات لكي تحفز المجتمع العلمي علــى القبول. وحدث أن كانت المعلومات فــي المتناول، وانتصرت الأفكار الجديدة خلال بضع ســنين. وأود أن أؤكد أن حالة علم تغيرات القشــرة

الأرضية (التغيرات التكتونية) تكاد تكون حالة نمطية لأسلوب عمل العلم وأقرب إلى أسـلوب العلم مـن حالة النسـبية. إذ كان العائق في الأولى أعلـى، وكم المعلومات اللازمة أكبر كثيرا، بينمـا العائق في الثانية أدنى بسبب جمال النظرية.

وحتـى أكون على يقين من أنني لم أترك لدى القارئ انطباعات زائفة، أجـد لزاما أن أضيف أنه تم خلال الفترة الأخيـرة مزيد من الاختبارات للنسبية العامة، وحققت النظرية تجليات وحظيت بمزيد من التقدير. مثال ذلك أنه في خمسـينيات القرن العشـرين حققت التكنولوجيا تقدما إلى الحد الذي اسـتطعنا معه أن نسجل القدر الضعيف الذي نتنبأ بفقده من الطاقة في شـعاع ضوء حال صعوده إلـى أعلى في نطاق جاذبية الأرض. ولكن اليوم نجد أن نظام الملاحة العالمي GPS(*) يسـتخدم بشـكل منتظم وعادي معادلات النسبية لتصحيح الساعات المدارية orbiting clocks التي هي قلب النظام. ولنا أن نقول في الواقع إن النسـبية انتقلت خلال نصف القرن الماضي من عالم النظرية إلى عالم الهندسة.

وطبيعـي أن كون النظرية جميلة لا يعني أن أحدا لم يحاول اكتشـاف أخطاء فيها. جدير بالذكـر أنني طوال حياتي العملية كثيرا ما فكرت في أن كل القصـص البطولي عن النسـبية مثله مثل أفلام الكاوبوي القديمة، ولعـل القارئ يعرف الفيلم الذي يحكي قصة سلسـلة مـن الفتية الصغار الذين وفدوا إلى مدينة ليبرهنوا على أنهم أسرع من حامل سلاح متمرس. ونجد، بالطريقة نفسـها، مفكرين شـبابا يعمدون الواحد بعد الآخر إلى حشو مسدساتهم (في عبارة مجازية طبعا) وينتقدون أينشتين في غطرسة وكبرياء، لا لشيء إلا لتمزيق نظريته الصاعدة إلى نثار.

لكن لماذا تحديدا نجد شـيئا مثل النسـبية جميلا؟ أود أن أؤكد هنا أن ذلك للأسـباب ذاتها التي نرى من أجلها ندف الثلج جميلة. إن جمال نـدف الثلج يكمن في تناسـقها وتماثلها، بحيث إنـك إذا حركتها حركة

(*) نظام الملاحة العالمي Global Positioning System، هو نظام اسـتحدثته الولايات المتحدة الأمريكيـة لتوفيـر معلومات دقيقة عن المواقـع والتوقيت، يتكون النظام من ثلاثـة أجزاء: أقمار اصطناعية تدور حول الأرض، مراكز رصد ومراقبة على الأرض، وأجهزة استقبال لدى المستخدمين، ويوفر النظام خدمة شائعة ومجانية يستخدمها الأفراد والمؤسسات حول العالم. [المحرّرة].

دائريـــة 60 درجة فإنها تبدو على الصورة نفســـها التي بدأت بها. ونحن لأســـباب معينة (ربما لها علاقة بالبنية المعمارية العميقة لمخ الإنســـان) نجد المنظومات المتماثلة جميلة وتبعث السرور في النفس. ويجسد مبدأ النســبية نوعا من التماثل أيضا. وترى أن الكون سيبدو على النحو ذاته من الاتســـاق والتماثل بغض النظر عن الموقع الذي ننظر منه إلى الكون، ســـواء على سطح الأرض، أو في سفينة فضاء، أو ونحن على سطح أحد كواكب المجرة البعيدة. وهكذا نجد الكون عند أينشـــتين متسقا في تماثل شأن ندف الثلج.

وحتـــى نمضي بهـــذه الفكرة إلى زماننا الحاضر نقـــول إن النظريات الراهنة عن الطبيعة الأخيرة للمادة - وتتنوع أســـماؤها من مثل نظريات المجال الموحد، ونظريات كل شـــيء، ونظريـــة الأوتار - تفترض كونا أكثر تماثلا واتســـاقا. وتتأسس على فكرة مؤداها أن الكون الممكن الوحيد هو كون لا يهم فيه كيف نعرف أشـــياء من مثل الشـــحنة الكهربية وغير ذلك من كميات. إنها في واقع الأمر تفترض تماثلا يســـتلزم أن تكون الطبيعة محايدة ليس فقط إزاء الإطار المرجعي للمراقب، بل ومحايدة أيضا إزاء الإطار العقلي للمراقب. ولســـوء الحظ أن التعقد الرياضي الذي تتصف به نظريـــة الأوتار حال حتى الآن دون أصحابها وتقديم أي تنبؤات يمكن اختبارها. ولهذا الســـبب بقيت طي نوع من النسيان العلمي. ويؤكد هذا حقيقـــة أن الجمال، في ذاتـــه ولذاته، ليس كافيا لضمـــان قبول نظرية علميـــة. إنما يحتـــاج العلماء على الأقل إلى بضع معلومـــات ثابتة لتكون المشجب الذي يعلقون عليه قبعاتهم، وكما قال عالم الإحاثة إن المعلومات جد مهمة.

التمرد الرومانسي - الفن قبالة العلم

تعتبر الحركة الرومانسية التي شهدها القرن التاسع عشر عادة ردة فعل ضد التنوير. وأذهب إلى ما ذهب إليه زميلي ريتشارد فلوريدا الذي يقول، حيثما وجدت قوة أساسية فاعلة ومؤثرة في مجتمع ما نجد يقينا في المقابل قـــوة موازية. لنحاول أن نجعل العالـــم أكثر عقلانية وقابلية

للفهـم، وإذا بنـا يقينا نجد جماعـات تظهر هنا وهنـاك لتؤكد الطابع اللاعقلاني والأسـطوري. وحيث إنني شـخص كثيرا ما اتهمني البعض بأنني رومانسـي (وصفة رومانسي ليست للمجاملة دائما خصوصا حين نصف بها عالم فيزياء)، فإنني لا أشـعر بأي مشـكلة محددة تجاه هذه الحقيقـة خصوصا، وكما أوضحت في الفصل الأول، أنه ليس بالإمكان تنـاول جميع القضايا وفـق المنهج العلمي. ولكن ثمـة وجها ثانويا آخر للنظرة الرومانسـية إلى العالم والتي تثير ثائرتي حقا وأريد أن أتناولها هنـا. تلك هي الفكرة التي تقضي بأننا إذا عرفنا بشـكل ما كيف يعمل وجه معين من أوجه الطبيعة، فإننا بذلك ندمر قدرتنا على تقييم جمال هذا الوجه.

وليسـمح لي القارئ بأن أستعرض قصيدتين مشهورتين توضحان هذا الزعم. القصيدة الأولى من نظم وردزورث:

حلوة المعارف التي تجود بها الطبيعة،

عقلنا الفضولي

يفسد جمال أشياء

نقتلها لنحللها [3].

والقصيدة الأخرى من نظم والت ويتمان:

عندما سمعت عالم الفلك العلامة

عندما توالت أمام عيني، صفوفا، أعمدة البراهين والأشكال

وعندما عرضوا أمامي الخرائط والرسوم لتجمع وتقسم وتقاس

وعندما سمعت جالسا عالم الفلك، الذي حظيت محاضرته

بالتصفيق الحاد مرات ومرات

داخل قاعة المحاضرات

سرعان ما أحسست، لسبب غير معروف، بالتعب والغثيان

المخلفات تتراكم عالية وتتدافع منحدرة، طوفت شاردا

وسط هواء الليل الأسطوري الرطب، وبين لحظة وأخرى

تشرئب نظراتي في صمت مطبق إلى نجوم السماء [4].

وحتى أكون منصفا في حديثي عن وردزورث أقول إن الباحثين أوضحوا أن أبيات الشعر جرى اقتباسها من قصيدة خاطب بها الشاعر صديقا له يوصف بأنه دودة كتب. ومن ثم لنا أن نكون دعاة خير هنا لنقرأ البيتين وكأنهما مناشدة ونصيحة ودية لصديق تقول له: «هلم استيقظ من غفلتك واستمتع بشم أريج الأزهار». ومع ذلك فإن أي امرئ سار على درب وردزورث ونظم قصيدة بعنوان «البواخر والجسور والقطارات» لا يمكن اعتباره من أنصار «لود» المتطرفين في مذهبهم (*).

وحري بنا أن نتذكر أن القرن التاسع عشر كان القرن الذي سادت فيه الرأسمالية الصناعية الفجة، وذلك قبل زمن طويل من صدور التشريعات الخاصة بعمل الأطفال أو قبل انتشار الوعي البيئي. وهانحن اليوم يمكننا أن نشاهد جسرا لعبور قاطرات السكك الحديدي مقاما وسط ساحة ريفية خضراء واسعة ويضفي عليها جمالا. لكن ليس عسيرا أن نفهم كيف اختلفت مشاعر الناس آنذاك وأنحوا باللوم على العلم، وظنوا أنه المسؤول عن إفساد جمال الطبيعة. ولن ننسى بطبيعة الحال المصانع المقامة هناك أيضا:

وماذا لو أن القدس كانت قد شيدت هنا
وسط هذه المصانع الشيطانية الظلامية؟ (5).

إنني كلما استمعت إلى هذين البيتين من نظم الشاعر بليك إخال أنني أسمع جدي يتحدث عن شيكاغو في منعطف القرن التاسع عشر، وقتما كان يضطر هو وأصدقاؤه إلى السير على الأقدام ستة كيلومترات ليصلوا إلى الحظائر يوميا بغية البحث عن وظيفة. (ويا للغرابة، إنه لم يشاركني المشاعر ولم يشجع فيَّ ثورتي في صباي ضد ما في هذا الوضع من ظلم، بل على العكس حملت ذكرياته مشاعر مودة وألفة حميمة).

(*) Luddite جماعة من العمال البريطانيين نشطت فيما بين العامين 1811 و1816، قاموا بتظاهرات ودمروا ماكينات النسج والغزل اعتقادا منهم أن التكنولوجيا الجديدة ستؤدي إلى البطالة، ونيد لود شخصية وهمية اعتقد البعض أنها دمرت آلتي نسج في نهاية القرن الثامن عشر. [المترجم].

وهكذا فإن كلا من معلوماتي عن التاريخ والأســاطير التي عرفتها في أســرتي يسرت لي فهم ما في هذه القصائد من دعوة إلى العزوف عن العقلانية والعلم. كم هو يســير علينا وسط صخب وضجيج الحياة الحديثة أن نعود بأنظارنا إلى ما نظنه عصرا ذهبيا في الماضي تخيلنا الحياة فيه بسيطة نقية، ومن ثم نُنحي باللائمة على العلم والتكنولوجيا لمسؤوليتهما، في ظننا، عن تدمير ذلك العالم الخالي من الهموم. وغني عــن الذكر أن قدرا كبيرا من الكتابات الحديثة عن البيئة ومشــكلاتها مبنــي على مثــل هذا النوع مــن الأفكار التي تحدثنا عــن جنة عدن. وطبيعــي أن بالإمكان نقض حقيقة هذه الــرؤى الخيالية عن الماضي: إننــي حين أشــرع في عرض هذه الفكرة كثيرا ما ألجأ إلى حســابات عن كم الســماد الذي يتخلف عن الخيول في لندن أو نيويورك في تلك «الأيام الخوالي الجميلة»، إنه كم هائل. لكن الحقيقة المجردة التي تؤكد أن جنة عدن لم تكن عمليا موجودة تجســد أحلام عصر ذهبي مضى ليســت هي الشيء المهم. بل الأحلام هي الشــيء المهم، والأحلام هي رصيد ومحور اهتمام الشعراء.

وكم كان يســيرا دائمــا الهجوم على الرومانســيين لتعلقهم بعالم الماضــي، ولعل أكثــر الأعمال الهجائية الشــعرية تدميرا جاءت على لســان غيلبرت و سوليفان في مسرحيتهما الموســيقية الشعبية التي تحمل اســم «الصبر»، حين صدحت الشــخصية الرئيســية بونثورن بأغنيتها التي تقول:

طبيعي أن تزدري كل ما هو طازج وجديد

وتعلن أنه فج ووضيع

لأن الفن قد انتهى في بلاط الثقافة الرفيعة للإمبراطورة جوزفين

وسيقول كل امرئ

وأنت ماض في طريقك الغامض

إن لم يكن ما يرضيني يرضيه

فلابد أن يكون من ذلك النوع المثقف جدا من الشباب [6].

ولكن بعد أن قدمت هذه الرؤى السهلة البسيطة، فماذا عسانا أن نفعل إزاء الحجة الأعمق التي تتضمنها هذه القصائد، والتي تقول إن فهم شيء ما، خصوصا الفهم العلمي، من شأنه أن يؤدي بشكل أو بآخر إلى تدمير الخبرة الجمالية؟

العلم والخبرة الجمالية

إحدى سبلنا لتناول هذه المسألة أن أحكي خبرتي الشخصية. قضيت فترة غير قصيرة من حياتي أعيش في حضن الطبيعة: أدير مربى للماشية في منطقة مونتانا روكيز، وأبني بيتي بيدي أنا في منطقة جبال بلو ريدج، وهكذا. وأود أن أقول إنني في الحقيقة ارتبطت بالطبيعة برباط أقوى من الرباط الذي ينعم به أغلب الرومانسيين (وأقوى يقينا من العلاقة التي تتمتع بها الأغلبية الساحقة من المحدثين من دعاة الحفاظ على البيئة). وأعتقد أنني أقيِّم الحس الجمالي لغروب الشمس أو لتحول ألوان أوراق الشجر في الخريف شأني في هذا شأن كثيرين. وحري أن أذكر أن كوني أفهم لماذا يتحول لون السماء إلى اللون الأحمر أو أفهم الكيمياء التي تسبب ألوان الخريف الزاهية لا يؤثر في حقيقة تقييمي الجمالي على الإطلاق. وهنا أقول إن المعارف تكون محايدة في مثل هذه المواقف.

لكن ثمة مواقف كثيرة أضافت فيها معارفي العلمية إضافات قيمة لخبرتي الجمالية، وذلك لأنها، ببساطة، جعلتني أرى أشياء يمكن أن تمر من دون أن يلحظها أحد. وأتذكر على سبيل المثال يوما وأنا راكب القطار في شيكاغو ذات شتاء وقت غروب الشمس، ولاحظت زوجا من الشموس الكاذبة sun dog وهي بقع من الضوء الباهر تظهر في السماء على يمين ويسار الشمس نفسها. وأعرف أنها نتيجة انكسار شعاع الشمس عبر بلورات ثلجية في عنان طبقات الجو العليا وتكون، حال ظهورها، على بعد نحو 22 درجة عن الشمس، وتتبع الشمس كأنها كلب وراءها ساعة الغروب، وهذا ما يفسر الاسم.

على أي حال، نظرا إلى أنني أعرف حقيقة بقع الضوء، استطعت أن ألفت إليها أنظار رفاقي (من غير العلميين) وبذا أيقنت بأنهم استطاعوا تحصيل قدر أكبر من خبرة غروب الشمس عما لو كانوا غير عارفين بها.

ولحظــت أنه لم يكـد يتوافر لديهم الفهم الأسـاســي حتى تحولت أفكارهم بعيــدا عما في المدينة من أقذار وأســمنت، واتجهت إلى الأفق البعيد حيث يبدأ الفضاء، وحيث يمكن أن نرى النجوم في النهار، وحيث شلالات بلورات الجليد تلعب بأضواء الشمس. وهنا تغيرت رؤيتهم إلى العالم، وأضحت ثرية بالمعاني، لا لشيء إلا لأنهم أثروا قليلا بقدر يسير من الفهم لما يشاهدونه.

وأوضحت خبرتي على نحو عملي، أن استخدام معارفي العلمية لكي ألفــت انتباه الناس إلى بعض مظاهر الطبيعة التي لم يكونوا يلحظونها في الســابق، يمثل شــيئا يحظى منهم بالتقدير. وأذكر ذات مساء في مونتانــا أنه ظهر قوس قزح ثلاثــي (نادر جدا) ليغطي الجبل في أثناء التدريب على رقصة. أوقفت التدريب بضع دقائق ودفعت كل الموجودين إلى الخارج لكي يشــاهدوه، وقدمت تفسيرا لحقيقة الظاهرة وأسباب ندرتها. ومضت الســنون وإذا ببعض أعضاء الفريق يذكرني بالتجربة ويقول كم كان تقديرهم كبيرا جدا للتعليقات التي قلتها آنذاك.

وفي الوقت نفســه تقريبا، كتبت سلسلة من الأعمدة القصيرة لإحدى المجــلات المعروفة بــأن قراءها من مالكي الشــاحنات وســائقيها، وهي الشــاحنات الضخمة التي تنتقل ما بين الولايات. نسيت الآن اسم المجلة، لكــن العمــود الذي كنــت أكتبه يتناول تأمل ســائق لمشــهد الطبيعة على امتــداده، يقود ســيارته عبر هذا الطريق ولديه قــدر من الفهم عن تاريخ هذا المشــهد وكيف أصبح على ما هو عليه. مثال ذلك أن ســائق شــاحنة يســير عبر ناشفيل بوســعه أن يتأمل طبقات الجير الحجري التي كشفت عنها الحفريات على جانب الطريق ويعرف ما يثير إعجابه ودهشــته، من أن الصخــور وعلى امتداد ألف ميل من أقرب محيط حديث، تشــكلت من هياكل عظمية لكائنات حية عاشت في بحر اختفي منذ زمن طويل. وأعود لأقــول إنني تلقيت كميات كبيرة من الرســائل من الســائقين، ليؤكدوا أن خبراتهم ازدادت عمقا وتغيرت بفضل المعارف التي اكتســبوها. وأكثر من هذا أنني تلقيت رسائل ترجو مزيدا من التفاصيل عن الجيولوجيا المحلية والتــي، أقول صراحة، لا أعرف شــيئا عنها (على الرغم من أنني عادة ما كنت أنجح في الاهتداء إلى زميل يقدم لي العون والمساعدة).

وأكثر من هذا أن خبرة بسـيطة عادية، مثل تحليق طائرة، يمكن أن تكـون مصدر تنوير بفضل قليل من المعارف الأساسـية. مثال ذلك أنك إذا بدأت رحلة من السـاحل الشـرقي فإن أول بنية جيولوجية أساسية ستشـاهدها في طريقك إلـى الغرب هي جبال الأبـلاش. وإذا تأملت الجبـال بعـين فاحصة، فإن أول ما يلفت النظر ويثير دهشـتك، هو أن كل السلاسـل الجبلية موازية بعضها لبعض، بينمـا الوديان تنحدر من الجنوب الغربي متجهة إلى الشـمال الشرقي. (وبوسع القارئ عمليا أن يرى الشـيء نفسه واضحا على خريطة الطرق السـريعة العادية نظرا إلى أن الطرق الرئيسـية تتبع في مسـاراتها الوديان). ولكي نفهم هذه السلاسـل الجبلية والوديـان يتعين أن نعود بفكرنا إلـى أكثر من 300 مليون سـنة، وقتما كانت اليابسـة التي نعرفها اليوم باسم قارة أفريقيا تندفع بقوة في حركتها إلى سـاحل أمريكا الشمالية، ناحية جهة قريبة من ولاية جورجيا الآن. وحدث أن طبقات الصخر الكثيفة التي تتشـكل منها القشـرة الأرضية انبعجت وطويت وكأنها مفـرش طاولة تكرمش وتكون الشكل الذي نراه من نافذة الطائرة. جدير بالذكر أن هذه التلال الخضراء المستديرة حين تشكلت أول مرة كانت عالية وكثيرة المنحدرات مثلهـا مثل جبـال الهيمالايا. ولكن عملية التعريـة البطيئة بفعل الرياح أدت إلى تآكلها وانخفاضها لتصبح على الشـكل الذي نراه اليوم. ويمكن للمـرء أن يتتبع «مفرش الطاولة المطـوي» إلى أن يصل إلى تلال أوهايو الشـرقية. ومع تقدم الطائرة جهة الغرب تتغير قصة الأرض تحتنا، وإن ظل سـحر الطبيعـة باقيا. الخلاصة: ليس عليـك أن تغلق النافذة وأن تشاهد الفيلم السينمائي.

توضـح جميع هذه الأمثلة اسـتخداما واحدا للعلـم في مجال الخبرة الجماليـة: المعارف الأساسـية تلفت أنظارنا إلى أمـور تغفلها العين غير الخبيـرة. وإن ما كنا نظنه ضوءا ضبابيا في سـماء المدينة تكتشـف أنه شـمس كاذبة. وحسبنا أن ننظر بعين فاحصة مدققة لنرى أطراف الضوء الباهتة الناتجة عن أثر البلورات الثلجية حين تكسر شعاع الشمس الوافد وتحولـه إلى ألوانه الأولية. ويشـبه هذا كثيرا ما فعله إسـحق نيوتن مع

المنشـــور الثلاثي منذ سنوات بعيدة. وهكذا فإن مشهدا طبيعيا جميلا يعز وصفــه يصبح فجأة مشـــهدا منظما ومفهوما، ومن ثـــم نبدأ في ملاحظة التفاصيـــل: ضوء الشـــمس يعكس تلألؤه انحناءة النهر، أو كتل الســـحاب الأبيـــض تصطف بحذاء قمم سلاســـل الجبال، أو الضبـــاب في الصباح الباكر وهو يغطي الوديان.

ومن الأهمية بمكان أن ندرك أن تعزيز خبراتنا ليس أبدا رهن توافر فهـــم علمي تفصيلي للظواهـــر موضوع اهتمامنا. مثـــال ذلك أنه ليس ضروريا أن يكون بوســـع المرء حساب مرور شعاع ضوء عبر بلورة ثلجية لكي يقيم الشمس الكاذبة، أو أن يعرف تاريخ أمريكا الشمالية الجيولوجي بالتفصيل لكي يستمتع بمشهد الأحجار الجيرية في ناشفيل أو سلاسل جبـــال الأبلاش. إن كل ما يلزم هو النوع ذاته مـــن الإطار المعرفي العام الـــذي حددناه بأنه المعارف الأولية العلمية لكـــي نعمق تقييمنا وإدراكنا للظاهـــرة الطبيعية ونوجه اهتمامنا إلى تفاصيل مرت في الســـابق من دون أن تثير انتباهنا.

رؤى جديدة

إذا كان مجـــرد أن تصبـــح الظواهر في مجال اهتمامنا هو الإســـهام الوحيـــد من جانب العلم للخبرة الجماليـــة، فإن هذا وحده كاف لتبرير ما أســـميه الحجة تأسيسا على علم الجمال. بيد أنني أعتقد أن ثمة إسهاما آخـــر مهما يمكن أن يقدمـــه العلم في مجال الفنون، ليس إســـهاما كبيرا للجمهور العام بقدر ما هو كذلك للفنانين أنفسهم.

لنتوقف لحظـــة ولنتأمل الطريقة التي ندرك بها العالم نحن البشـــر. لدينـــا خمس حواس، ولكن، مع الاعتذار الواجب لخبراء المآكل والمشـــارب والعطـــور، أقول إن أهم حاســـتين تخصان الخبرة الجمالية هما الســـمع والبصـــر. تعتمد كل من هاتين الحاســـتين على عمل عضوين للإحســـاس وصلا إلى مستوى عال رفيع من حيث التطور والتخصص ألا وهما العينان والأذنان. تطور هذان العضوان على مدى ملايين السنين من تاريخ التطور لكي يكون لكل منهما وظيفة واحدة، وأقول وظيفة واحدة فقط: أن تســـمح

كل منهما لأسلافنا بالبقاء حياة أطول في مناطق السافانا الأفريقية، حتى يتسنى لهم توصيل جيناتهم للأجيال التالية. إن العيون والآذان لم تتطور بهدف السماح لنا بتقييم موسيقى ومسرح الأوبرا أو سماع السيمفونية، تماما مثلما أن أمخاخنا البشرية لم تتطور لتهيئ لنا الفرصة لاستحداث ميكانيكا الكوانتم.

وبسبب هذه الحقيقة يتمتع كل من هذين العضوين الحسيين بمجال محدود. ولنتأمل العينين على سبيل المثال. تمثل العين البشرية، من وجهة نظر الفيزيائي، أداة قادرة على تسجيل الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يتراوح طول موجته ما بين طول 4000 و8000 ذرة، وهو ما نسميه الضوء المرئي. وكان من المفيد لأسلافنا اكتساب هذا النوع من القدرة على التسجيل لأننا (1) نعيش في غلاف جوي شفاف لهذه الأطوال الموجية تحديدا، (2) لأن كوكب الأرض يدور حول نجم يصدر الجزء الأكبر من طاقته في صورة ضوء مرئي.

ونظرا إلى أن الإبصار أو الرؤية بالعين تبدو أمرا طبيعيا وعاديا لنا، فإننا نكون بحاجة إلى جهد قليل جدا لكي ندرك أن عيوننا لا تخبرنا في الحقيقة إلا عن نزر يسير جدا عن الكون، وعن قدراتها المحدودة التي حددت خصائصها البيئية التي تحيط بنا. ولنأخذ الفكرة الأولى التي ذكرناها آنفا، وهي شفافية الغلاف الجوي. إنني حين أفكر في هذا الجانب من الكرة الأرضية تستعيد الذاكرة ذكرى ليلة باردة في الصحراء منذ سنوات طويلة، حينما كنت واقفا فوق هضبة مستوية السطح منحدرة الجوانب في لوس آلاموس، واستطعت من هناك أن أبصر أضواء شوارع البوكيركي التي تبعد عني نحو 90 ميلا. وأحسب أن القارئ عاش خبرة مثل خبرتي هذه . ولنتأمل حين نكون داخل طائرة ليلا ونرى أضواء مدينة بعيدة. إن هذا النوع من الخبرة يعني أن الضوء يمكنه أن يمضي بسرعة 100 ميل في الغلاف الجوي من دون أن يمتصه الجو. وهذا حدث مذهل حين نفكر فيه. لكن توجد أنواع أخرى من الموجات الكهرومغناطيسية - مثل المايكروويف والأشعة تحت الحمراء - لا يمكنها ذلك. إذ يمتصها الغلاف الجوي سريعا. وهكذا فإن الكائنات الحية التي تطورت في جو من نوع آخر يمكن أن يكون

لديها قرون استشــعار بدلا من العيــون، ومن ثم «ترى» عالما مختلفا تماما. ونجد بالمثل أن الكائنات التي تطورت على ســطح كوكب يدور في فلك نجم أحمر معتم ربما تحتــاج إلى عيون أكبر حجما بكثير لكي يصلها قدر كاف من الإشعاع ذي الأطوال الموجية، الأطوال التي تبصر ما حولها (وأذكر بهذه المناســبة أن هذا هو السبب في أن ملاحي الأطباق الطائرة يحملون دائما هذا النوع من العيون. ويســمي الخبراء هذه الكائنات ذات العيون الضخمة باسم الأقزام الخضر Little Green Men أو LGM).

ولنا أن نقول الشيء نفسه عما نسمعه. إذ تكيفت آذاننا لالتقاط موجات صوتية تسري عبر الهواء عند مستوى البحر (أو قريبة جدا منه). وطبيعي لــو أننا تطورنا فــي جو مغاير لتغيــرت الآذان. مثال ذلــك أن آلهة النار والصناعة أو الفولكان في مسلســل ستار تريك القديم ظهروا، ولهم آذان كبيرة مســتدقة لأن الهواء حول كوكبهم الخيالي كان، وفق ما هو مفترض، رقيقا وهم في حاجة إلى جهاز استقبال أضخم حجما لالتقاط الصوت.

معنى هــذا أن التطور كحدث تاريخي جهزنا بأعضاء حس قادرة على أن تســجل فقط جزءا صغيرا جدا، مما هو موجود فعلا في عالمنا. ونجد بالمثل أنه نظرا إلى أننا كائنات متوســطة الحجم - أضخم من الميكروبات وأصغر من النجوم - فقد تطورت أعضاء الحس هذه نفسها بحيث يمكنها أن تســجل فقط أشياء أخرى متوســطة الحجم. وهذا واقع من شأنه أن يحد أكثر من رؤيتنا للكون.

وهاهنا يمكن للعلم أن يكون عونا للفنان، لأننا نستطيع بفضل العلم أن نفتح كل تلك العوالم، وأن تتهيأ لنا صور جديدة لا تدركها حواسنا مباشرة. ولنأخذ الميكروســكوب (المجهر) كمثال. إن أنطون فان ليفنهوك حين رأى لأول مرة «الكائنات الحية الدقيقة» الســابحة في قطرة من ماء غدير في القرن الســابع عشــر إنما كان يؤكد في الحقيقة أنه وسَّع من نطاق قدرة البشر على رؤية العالم في صورة أنماط لم تكن متاحة للعين المجردة. ولنا أن نقول، على المنوال نفسه، إن علم الفلك يعيش الآن عصرا ذهبيا إذ لأول مرة في التاريخ نســتطيع بناء مراصد فلكية في الفضاء في طبقات أعلى من طبقات الغلاف الجوي المحيط بكوكب الأرض.

منــذ أن بدأ الزمان والكون يرســل تجاه كوكب الأرض كل أنواع الإشــعاع الكهرومغناطيســي، ابتداء من الموجات اللاسلكية وعبورا بالأشعة السينية وحتى أشعة جاما. وتدلنا كل واحدة من هذه الأنواع المختلفة من الإشعاعات عن جانب مختلف من الكون الذي نعيش فيه. ونعرف أن هذه الأشعة حين تصل إلى كوكبنا عبر مســافة (ربما) تصل إلى بلايين الســنوات الضوئية لكي تحط هنا تمتصها، خــلال بضعة الأميال القليلة الأخيرة من رحلتها، طبقــة الهــواء الرقيقة المحيطة بنا. ويا لها من مأســاة! لكن الآن وبفضل التقدم في تكنولوجيا الفضــاء أمكن الاحتفاظ بجزء صغير جدا من هذه الإشــعاعات من خلال أجهزة كشف مدارية ثم تحليلها، وبذا تعطينا ولأول مرة نظرة شــبه كاملة عــن الكون. (إنني ألتزم جانــب الحيطة قليلا هنا لأن باســتطاعتنا، أو سيكون باستطاعتنا قريبا جدا، اكتشاف أنواع أخرى من الانبعاثات الصادرة عن هذه الأجرام البعيدة. أشــياء مثل النيوترينات neutrinos [دقائــق ذريــة متعادلة كتلتهــا دون كتلة الإلكتــرون] والأمواج الثقالية gravitational waves).

ولننظر إلى الأمر من زاوية أخرى: عندما ذهب هويتمان «ليرنو متأملا فــي صمت تام إلى النجوم» ربما اســتطاع أن يشــهد ألفــين من النقاط المضيئة في الســماء. حدث هذا في الأيام الســابقة على ظهور كثير جدا من المصابيح الكهربية التي تضيء سماء المدن، وهو ما يسميه علماء الفلك «التلوث الضوئي». ويا لها من خبرة مثيرة لايزال بإمكان المرء أن يســتمتع بها إذا أراد وانطلق بعيدا عن المدينة. ومع هذا نقول إن سماء الليل، بقدر ما تبدو للرائي ســاحرة مذهلة، ليســت ســوى جزء صغيــر مما هو قائم حقيقة في الواقع هناك.

ولنبدأ معا بالحديث عن المجموعة الشمســية. بدت الكواكب في نظر هويتمــان أشــبه بنقاط ضوء ســاطعة، وربما بدا لون المريــخ ضاربا إلى الحمــرة. ترى كــم كان بإمكانه أن يرى أكثر مما رأى لــو توافر لديه أكثر التلســكوبات تواضعا. وهو أداة كان بإمكان معلمه «عالم الفلك الكبير» أن يوفره له. لقد كان باستطاعته أن يرى بفضل هذه الآلة الكوكب زحل والذي يؤكد الجميع أنه المشــهد الأكثر إثارة في المجموعة الشمسية. وكان بوسعه

أن يرى عالم الكوكب نبتون البارد ذي اللونين الأزرق والأخضر، ويرى كذلك السـحب المحيطة بكوكب الزهرة «فينوس» وأقمار كوكب المشتري. وهكذا يتسع عالمه المشاهد كثيرا وأكثر مما يعتقد.

وهانحن اليوم أطلقنا تلسكوب الفضاء هابل ليدور في مداره، فضلا عن مجسات الفضاء التي تدور حول زحل وهي في طريقها إلى بلوتو. طبيعي أنه كان سيرى بفضل هذه المستحدثات أكثر كثيرا جدا مما رأى. وتتضمن الوديان والأحواض فوق سطح المريخ شهادة على وجود المياه التي جرت على سطحه، وربما شهادة دالة على الحياة التي كانت موجودة هناك قبل أن تلفه برودة الفضاء. ونلحظ أن الثلج المتكسر فوق سطح الكويكب يوروبا يغطي محيطات خافية تحت السطح بنحو ميل، وتسود الكويكب تيتان حول زحل موجات من سائل الميثان وتتكسر فوق شواطئ بحار يستحيل القول بوجودها. وإذا اتجهنا بمناظيرنا من التلسكوبات بعيدا عن مجموعتنا التي تمثل بيتنا الصغير الدافئ، فسوف نرى سلاسل غائمة من المجرات، ممتدة في منتصف الكون وفي داخلها نجوم متفجرة ومجرات وليدة تنفث طوفانا من الطاقة لا يمكن تخيله. ترى من يوازن بين هذا الجلال المهيب والرؤية الفقيرة بالعين المجردة؟

وأود أن أصرح بأنني تساءلت دهشا أحيانا: ترى هل الرسامون وغيرهم من الفنانين المشتغلين بالفنون البصرية أحسوا يوما ما بالقلق، إذ يشقون على أنفسهم بحثا عن نماذج وتصميمات لفنهم. أعني بذلك أن أسأل كم عدد الوسائل المختلفة التي يمكن بها رسم واجهة كاتدرائية؟ إن العلماء إذ يخترقون عوالم جديدة إنما يوفرون في الحقيقة للفنانين موضوعات جديدة لتفسيرها. أدركت هذه الفكرة واقتنعت بها حين صادفت لوحة رسمتها الفنانة جولي نيودول وتحمل اسم «شيفا كنيلوميريز داخل أنشوطة تيلومير» (7) (*). ويبدو واضحا أنها استلهمت لوحاتها من صور للبيولوجيا الجزيئية الحديثة. وتبين الرسوم الرب شيفا في العقيدة الهندوسية التقليدية داخل فتحة أنشوطة تمثل التيلومير،

(*) Shiva as Telomerase inside of a Telomere loop، التيلومير (Telomere)، هو أحد مكونات الكروموزوم والتيلوميريز (Telomerase)، هو إنزيم يتحكم بالتيلومير، ولهذا الإنزيم دور في عملية الشيخوخة التي تصاب بها الخلايا. [المحرّرة].

وهـــي بنية تظهر عند طــرف الكروموزومات. ويبدو لي أن هذا التلاحم بـــين المعارف القديمة وأحدث صور الميكروســكوب الإلكتروني إنما هي أعجوبة المستقبل، المستقبل الذي تتجسد فيه الصور التي يكتشفها العلم في فنون بصرية.

وعلى الرغم من أنني تعمدت صوغ المناقشـــة حتى الآن في ضوء عمل الفنانين دون الجمهور العام، فإن ثمة مزايا أخرى واضحة لرؤيتنا الموسعة عن الكون والتي يفيد بها الطرف الآخر. إذ كثيرا ما قيل كمثال، في معرض المحاجـــاة، إن صورة الأرض من الفضاء أوضحت كوكبنا وكأنه نقطة زرقاء شاحبة وسط الاتساع الهائل للفضاء، وأن هذه الصورة كان لها دور رئيسي في حفز حركة أنصار البيئة في سبعينيات القرن العشرين. وتفيد خبرتي الخاصة بأن غوامض الكون من مثل المادة السوداء والثقوب السوداء ما هي إلا مظاهر للإثارة البســيطة للطلاب. إذ يجدون فيها أنواعا من المفاهيم المثيرة للاهتمام. ولعل هذا هو الســبب في أن كتب الفلك الشــعبية أكثر مبيعــا من كتب البيولوجيا الجزيئية، حتى على الرغم من أن هذه الأخيرة تتناول موضوعات مباشــرة وقريبة أكثر مـــن الأخرى. وأعود لأقول إن ما يحتاج إليه المرء لكي يستمتع بفوائد هذه الرؤية الجديدة للكون ليس دراسة العلم المعني بالموضوع وفهمه تفصيلا. إذ ليس ضروريا أن يكون بوسع المرء حســاب منحنى دوران إحدى المجرات لكي يقيِّم الدلالات الفلسفية للمادة الســوداء، ولكن ما يحتاج إليه المرء بــدلا من هذا هو نوع من الإطار العام من المعارف التي نسميها المعارف الأولية العلمية.

لكل ما ســبق لا أعتقد أن مساهمات العلم للفنون تقتصر على توفير صــور جديــدة. إن التكنولوجيات الجديــدة، والمواد الجديــدة والطرق الجديدة في إنتاج الصوت تجســدت دائما وأبدا في تقنيات فنية. مثال ذلــك أن الباحثين أكدوا أن تطوير واســتحداث صبغــات جديدة قادرة علــى البقــاء زمنا طويلا على لوحات الرســم هي التــي هيأت إمكانية لظهور الحركة الانطباعية برمتها. ونســأل كمثال ثان: أين كان يمكن أن نرى النحت الحديث من دون طريقة اللحام القوســي أو مشــغل القطع بالأوكسيجين الأسيتيليني؟

وتآلفت منذ عهد قريب مع الطرق الغريبة التي تؤثر بها التكنولوجيات الحديثـــة في الفنون، وذلك حين حضرت حفلا موســيقيا لســماع إنتاج جديد لصديق لي يدعى جيرزي سابيوفيسكي. وجيرزي أستاذ موسيقي فـــي الجامعة الأمريكية، كما أنه مؤلف موســيقي موهوب وعازف بيانو. ولديه اهتمام دائم بالبحث عن ســبل لتوحيد الموسيقى بالفنون الأخرى. شـــاهدت في هذا الحفل الذي حضرته اثنين من الرسامين يعملان على لوحات القماش بينما أجهزة تســجيل بالأشعة تحت الحمراء تعاير حركة فرشـــاة كل منهما. وجرى تلقيم إشارات أجهزة التسجيل هذه إلى أجهـزة توليــف synthesizers لتوليــد صوت، بينما ينظم عـــازف البيانو/ قائد الفرقة الموســيقية أجهزة التوليف، ويصوغ ويدمج الجمل الموسيقية معا. جوهر المسألة أن الرســامين أصبحا موسيقيين وفنانين يعملان بالفنون البصرية ـ أي أنهما عمليا جزء من الفرقة الموسيقية.

لا أملك الآن سبيلا إلى معرفة ما إذا كانت الطرق التي اكتشفها صديقي وأمثاله ســوف تقودنا إلى إبداع حركات موســيقية جديــدة مهمة، أم أنهم سيلحقون بأعمال من مثل أعمال أخرى يضمها متحف الأفكار وأخفقت في التطور. بيد أن ما أعرفه هو أن الاكتشافات من نوع الاكتشاف الذي عرضه جيــرزي هي عصب حياة الفن. إذا توقفنا عن تجربة الأفكار الجديدة، فإن الفن (شأن العلم) ستصيبه حالة ركود. وأعرف كذلك أنه من دون كثير من التكنولوجيا فسوف يستحيل إجراء مثل هذا النوع من التجارب.

ملاحظة ختامية

بعــد أن فرغت من كل ما ســبق، أود أن أذكر القارئ (وأذكر نفســي) بــأن المعارف العلمية الأولية لا يمكنها أبدا، في ذاتها وبذاتها، أن تهيئ كل عناصر الخلفية الأساســية اللازمة للمرء ليحسن تقييم الخبرة الجمالية. إنها يمكن أن تكون على أحســن الفروض طرفا مشـــاركا بدور بسيط في مســرحية أكبر حجما. ومع ذلك فإننا إذا تأملنـــا الصورة الكبرى للخبرة الجمالية، فإن هذا من شأنه أن يدعم فكرة مهمة عرضنا لها في الحديث عن المعارف الأولية الثقافية، وتدعم بالتالي المعارف الأولية العلمية.

وهناك في الحقيقة تاريخ طويل من الدراســة الفلسفية عن طبيعة ومعنى الخبــرة الجمالية. وتزخــر الكتابات الكلاســيكية بأفكار عن التصنيف والتماثل في التنســيق الجمالي، كما سبق أن ناقشنا النزوع الحدســي لدى الرومانســيين. وغني عن البيان أن عالم فســيولوجيا الأعصــاب الحديث ســوف يتناول وصــف الخبرة مــن زاوية مختلفة تماما، تتمثل في تنظيم المعلومات على أجهزة إلكترونية تنقل النبضات العصبيــة. وأنماط لصور الرنين المغناطيســي لــلأداء الوظيفي للمخ البشــري. ولكن هذه الأنواع من التجريدات، علــى الرغم من أهميتها في مواقع بحث أخرى لكنها ليســت مســتخدمة كثيــرا في موضوعنا هنا. إنها تلقي ضوءا قليلا على نوع التعليم المفضل علميا لتعزيز قدرة المرء على تقييــم الفن أو الطبيعة. لذا قررت، نتيجة لذلك، أن أتحدى وأتناول المشــكلة مباشرة، وأسأل بعض الموسيقيين والفنانين المحترفين سؤالا بسيطا: ما صفات الشــخص الذي تفضله أكثر من غيره ليكون من جمهورك مستمعا أو مشاهدا؟

ولحسن الحظ، كنت أنا وزوجتي نقضي معا عطلة نهاية الأسبوع برفقة بعــض من أصدقائنا القدامى في ولايــة كونكتيكت. أذكر من بينهم مارتن بيكوتش، وهو قائد فرقة موسيقى سيمفونية، والذي سافر إلى روسيا وقاد كثيرا من الحفــلات. وكذا زوجته إليزابيث فولــك، وهي مخرجة ومديرة لعديد من المسرحيات والأوبرات، وتزوج الاثنان في الحقيقة ليكون الزواج جزءا من حفل تضمن إخراجهما لأوبرا جياني ســيكيكي، وأوبرا بوتشيني «ميس دي غلوريا». وضم حفل العشــاء عديدا من الموسيقيين وفنانا وشابا يملك مشروعا مزدهرا لصناعة آلات الهاربسيكورد. لذلك تصورت أن هذا أفضل مكان أحصل منه على المعلومات التي أريدها. وطرحت ســؤالي بعد أن فرغنا من العشاء.

بعد نقاش مفعم بالحيوية، توافقت الآراء التي لخصها مارتن في عبارة «أفضل أن يكون جمهوري من الحاضرين هم ممن اعتادوا حضور حفلات الموسيقى». وأرى أن هذه العبارة البسيطة لخصت مناقشة جد معقدة. إن ما قاله الفنانون الجالســون إلى المائدة هو أن جمهورهم المثالي، هم من

لديهم قدر من الألفة للموسـيقى، أي قدر من الفهم والإحساس بخلفية المقطوعات التي سـوف يسـمعونها، مع قدر من التوقع لطبيعة ما يؤلفه المؤلفـون في فترة بذاتها، علاوة على قدر من الفهم للسـياق الاجتماعي والتاريخي للموسـيقى. إنهم لم يأملـوا أن يكون جمهور الحاضرين على ألفة بالموسيقى التي سيتم عزفها ليلة الحفل تحديدا، ولم يأملوا يقينا أن يكون الحضور عازفين موهوبين.

ولنقل بعبارة أخرى إن هذا الجمع من الفنانين أراد جمهورا لديه تحديدا نـوع الإطار العام من المعارف التي أسـميها المعارف الأولية الثقافية. إنهم لم يتوقعـوا جمهورا قادرا على إنتاج موسـيقى، إنما فقط على الإنصات باهتمـام وفهم. وأود أن أقول، على المنوال نفسـه، إن العلماء ليس لهم أن يحاولـوا إنتاج جمهور قـادر عمليا على إنجاز العلم. ومن ثم فإن ما ينبغي أن ننشده بدلا عن ذلك، هو جمهور قادر على مناقشة القضايا ذات الصلة بالعلم مناقشـة الفاهم الواعـي. أي بعبارة أخرى، جمهـور توافرت لديه المعارف الأولية العلمية.

6

حالة المعارف الأولية العلمية

لم نكد نقرر أن هدفنا المنشود هو إعداد مواطنين توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية حتى سألنا أنفسنا مباشرة عن ماهية الحالة الراهنة للمعارف الأولية العلمية بين الناس، حيث إن هذا هو ما سوف يحدد لنا نقطة الانطلاق. وأصبح لزاما أن نبدأ في الواقع بالسؤال عن كم عدد المواطنين الذين لديهم معرفة صحيحة بالعلم الآن؟ وهذا سؤال تصعب الإجابة عنه وتستلزم معالجته الاستعانة بمهارة عالم اجتماع.

ولكي نفهم مدى الصعوبة التي ينطوي عليها قياس المعارف الأولية العلمية بين الناس حري أن نفكر فيما يلي: نعرف كم هو يسير علينا استبيان ما يعرفه الطلاب

«إن تزايد عدد المعنيين بالبحث عن معلومات خاصة بالعلم هو في الحقيقة القوة التي أثارت الاهتمام لزيادة عدد ما نسميه «الصحافة العلمية»

المؤلف

عن موضوع ما بعد استكمال مقررهم الدراسي، وهذه هي وظيفة الامتحان آخر العام. بيد أن هذه المعلومات، على أهميتها، لا تخبرنا بشيء ذي قيمة عما سوف يحتفظ به هؤلاء الطلاب أنفسهم عندما يقرأون صحيفة بعد ذلك ببضعة شهور (أو بضع سنين).

يعرف كل معلم ظاهرة تآكل أو تناقص المعارف مع الزمن. وأرجو من القارئ، على سبيل المثال، أن يعود بفكره إلى أيام أن كان طالبا بالمدرسة الابتدائية: كم من مهارات القسمة المطولة اكتسبتها بشق الأنفس في أثناء العام الدراسي السابق، وكنت تستطيع مع نهاية الصيف أن تستعيدها مع أول يوم في العام الدراسي الجديد؟ وتدرك الأغلبية العظمى من المدرسين على مستوى الجامعة حقيقة تناقص المعلومات، إذ يفترضون أن الطلاب نسوا كل ما تعلموه من مقررات دراسية في المدرسة الثانوية بعد تخرجهم.

وأقول في النهاية: إن المعارف الأولية العلمية تتألف من المعارف التي جرى استبقاؤها والاحتفاظ بها وليست المعارف المكتسبة. ولكن المعارف المستبقاة لا يمكن اختبارها مستخدمين تقنيات المدارس والجامعات. ومن ثم يتعين استحداث طرق تقييم جديدة للتعامل مع هذه القضية، طرق تتضمن متابعة الكبار الذين أنهوا تعليمهم الرسمي.

وعلى الرغم من المناقشات بشأن تعليم العلوم في بلدنا، فإن الشيء المثير للدهشة هو أن نعرف أن مهمة اكتشاف معيار كمي لقياس المعارف الأولية العلمية لدى كبار السن لم يُنهض بها إلا أخيرا. وجدير بالذكر أن أول دراسة استقصائية تسنى لي العثور عليها ومعنية بكبار السن الأمريكيين هي دراسة أجريت في العام 1957 تحت رعاية الرابطة الوطنية لكتّاب العلوم. ويمكن القول في ضوء المعايير الحديثة إن تصميم الدراسة يتصف بالبساطة وليس وراءه جهد فكري عميق. ويطلب التصميم من المشاركين التحدث عن أربع قضايا سائدة وقتذاك: إضافة الفلوريد إلى الماء (مَنْ مِنَ القراء يتذكر هذا؟)، عنصر الإسترنتيوم 90 (منتج من اختبارات الأسلحة الذرية في طبقات الجو)، مصل شلل الأطفال (مكتشف حديثا)، والأقمار الاصطناعية في الفضاء (التي

كانت نادرة آنذاك). وطبيعي أن المشكلة مع مثل هذا النوع من الدراسات الاستقصائية أن القضايا الساخنة والملحة اليوم سرعان ما تصبح رؤوس موضوعات الأمس. وغني عن البيان أن لا أحد اليوم سوف يثير قضايا مثل قضية إضافة الفلوريد إلى الماء، أو عنصر الإسترنتيوم 90، فضلا عن أن الأقمار الاصطناعية والأمصال أضحت شائعة حتى أنها نادرا ما تشغل الوعي الحديث. معنى هذا من وجهة نظر قياس المعارف الأولية العلمية أن مشكلتنا مع هذا النوع من الاختبار هي أنه لا سبيل إلى مقارنة إجابة العام 1957 عن السؤال عن إضافة الفلوريد بالإجابة حديثا عن سؤال عن بحوث الخلايا الجذعية. وواضح أن هذا النوع من الاستقصاء لا يحقق لنا تقدما مادام أن من أولى مهام العالم الاجتماعي تحديد خط الأساس المقابل لأي تغير يمكن قياسه.

جون ميللر وميلاد التقييم الكمي للمعارف الأولية العلمية

تطبيق مناهج علم الاجتماع على مشكلة تقييم المعارف الأولية العلمية هو مجال أسسه، كما يشار إليه بعامة، جون ميللر، وهو الآن جون هانا أستاذ الدراسات التكاملية بجامعة ولاية متشيغان. وجون رجل ضخم الجسم، ذو خصلة شعر بيضاء، وحاجبين كثَّين مهيبين، يكاد من يراه يشعر بالرهبة لولا ما لديه من حس فكاهي، وابتسامته التي لا تفارقه، وما لديه من مدد قصصي حلو لا ينتهي. تعاونا معا في الماضي لإنجاز عدد من مشروعات المعارف الأولية العلمية. لذلك حين تحدثت إليه بشأن تضمين أعماله في كتابي هذا رتبنا لقاء مشتركا عند عودته إلى واشنطن لإنجاز بعض أعماله. والتقينا في إحدى ليالي الخريف الممطرة بينما كان لايزال جون متأثرا بفارق الزمن بعد رحلته إلى الصين. وجلسنا معا في مطعم لبناني هو المطعم الأثير لديّ، وذلك لمناقشة الكيفية التي يمكن بها تأسيس مجال جديد للاستعلام الفكري.

قال: «لم أبدأ حياتي بالاهتمام بالمعارف الأولية العلمية... في الحقيقة كانت أطروحتي لنيل درجة الدكتوراه (في جامعة نورث وسترن) دراسة عن طريقة الأطفال في اكتساب مفهوم الجنسية القومية»، وأعرف أن

جون بدأ عمليا عمله الدراسي الجامعي بجامعة شيكاغو، حيث حصل على درجة الماجستير وتعلم كيف يجري بحوثا استقصائية. واكتسب أيضا المهارات الرياضية المعيارية للعالم الاجتماعي الحديث. ونتيجة لذلك فإنه حين قرر أن يقضي فترة من الزمن خارج نطاق دراسته لاكتساب قدر من خبرة الحياة العملية الواقعية في الحكومة، كان المديرون يقاطعونه مباشرة بغلظة فيما يعرف الآن باسم «مكتب الإدارة والميزانية»، و«مكتب سياسة العلم والتكنولوجيا». قال ضاحكا: «بعد ذلك أخبروني أنهم في حاجة إلى رجل يعرف كيف يحسب». ولم يكن الأمر شأن المسلسل التلفزيوني وست ونغ (*)، فقد سمحوا لنا بدخول الطابق الأول في البيت الأبيض فقط».

كان يشعر ببهجة غامرة وهو يحكي قصة عن حدث خاص في هذه الفترة من حياته. اقتضى عمله أن يعرض الميزانية المقترحة للبرامج التي يشرف عليها وذلك في اجتماع رسمي، وتضمن طلبه عددا من الوظائف الجديدة كمفتشين للأغذية في الموانئ. وكان يعرف أن مدير مكتب الميزانية المسؤول عن إدارة لجنة الاستماع مدمن على شرب القهوة ونادرا ما ترى يده من دون كوب قهوة. ونتيجة لذلك فإنه حين حان وقت عرض البند الخاص بالمفتشين شرع في تقديم شرح لكيفية تجفيف حبوب البن في أفريقيا عن طريق الاكتفاء بتعريضها للشمس فترة من الزمن. وأوضح أنه خلال هذه الفترة من المتوقع - بطبيعة الحال - أن تحلق الطيور فوقها، وطبيعي أيضا، كما تفعل الطيور عادة، أن تضيف بعضا من ملوثاتها إلى الحبوب. وقال إن العدد الزائد المطلوب من المفتشين لا بد من وجوده للتأكد من أن مثل هذه الحبوب الملوثة لن تدخل السوق الأمريكية. حدق المدير بنظرات ملؤها الشك في كوب القهوة الذي في يده وزمجر متحدثا إلى مساعده: «عليك أن تتأكد من وجود المفتشين للمراقبة».

(*) The West Wing، أو الجناح الغربي: هو مسلسل درامي عُرِض فيما بين العامين 1999 و2006، ويتناول يوميات العاملين في البيت الأبيض تحت إدارة رئيس الحزب الديموقراطي. والجناح الغربي هو المبنى الذي يضم مكاتب رئيس الولايات المتحدة الأمريكية، ومن بينها المكتب البيضاوي [المحررة].

استمتع جون بعمله الحكومي، غير أن أحد رؤسائه أسدى إليه نصيحة جيدة جدا، إذ قال له: «إذا لم تترك العمل وتعمل على نيل درجة الدكتوراه فسوف تظل إلى الأبد مساعدا». وهكذا عاد أدراجه إلى مقاعد الدراسة.

وفي نورث وسترن بدأ أول اهتمام له بالمعارف الأولية العلمية. كان على علاقة بامرأة صاحبة آراء سياسية يسارية متطرفة «أذكر أن عملت أنا في الحملة لمصلحة كنيدي، بينما هي كانت تعمل لمصلحة ألدريدج كليفر»، وفي الوقت نفسه لعب التنس مع فريق من الرجال الذين يدرسون ليكونوا مهندسين متخصصين في الهندسة النووية. وأذكر أن قضية الطاقة النووية تصدرت الاهتمام العام آنذاك، ودخل أصدقاء جون في محاجاة شديدة في هذا الشأن «وانتهى بهم الأمر إلى أن كان كل منهم يقذف الآخر بطعامه». وأثارت هذه القضية ثائرته، ومن ثم بدأ يقرأ عن الموضوع باهتمام. وتذكر قائلا: «اكتشفت أنه لا بد للمرء من أن يعرف بعضا من العلم لكي يحسن التعامل مع القضية. فإذا كان لزاما عليك أن تدلي برأيك في اقتراع بشأن أمر متعلق بالطاقة النووية وأنت لا تعرف شيئا عن العلم فإن آراءك ستكون رطانة غريبة عن الموضوع». وقادته هذه الرؤية الناقدة إلى السؤال عن أنواع القضايا التي يحتاج المرء إلى الإلمام بها ليعرف كيف يؤدي دوره بوصفه مواطنا. وهذا ما ناقشته في الفصل الثالث. ونظرا إلى أنه عالم اجتماع فقد شرع أيضا في السؤال عن كيفية اكتساب الناس هذه المعارف – عملية تعلم يراها جون بعضا مما سماه «التنشئة الاجتماعية السياسية».

وبعد أن فرغ جون من مهمة معينة خاصة بإحدى كليات جامعة ولاية شيكاغو، انتقل إلى جامعة إيلينوي الشمالية في ديكالب، وهي مدينة تقع في المنطقة المخفية من شيكاغو. وعمل هناك نائبا للعميد للدراسات العليا. ويذكر أنه وقتذاك توافرت الأموال اللازمة (من إدارة كارتر) لإنجاز مشروعات أفادت في استخدام عاطلين لأداء «أعمال الخير» لمصلحة نظم الحكم المحلية، واستخدم المال لتوظيف عاملين لإنجاز دراسات استقصائية في عدد من الحواضر الإدارية، علاوة على دراسات استقصائية لطلاب

المدارس العليا والكليات لدراسة كيفية اكتساب حس المواطنة. واستخدم كثيرا من العاملين بعض الوقت (كان الأمر أشبه بإدارة مشروع ماكدونالد الأضخم عالميا)، ولهذا حرص دائما على البحث عن مشروعات جديدة لضمان عملهم. وسرعان ما أدرك أنه أنشأ معملا للدراسات الاستقصائية لتحقيق غرض عام، وأطلق عليه اسم معمل الرأي العام. وتفاوض بعد ذلك من أجل الانتقال من عمله نائبا للعميد لكي يتفرغ كل الوقت لإدارة وحدته الاستقصائية الجديدة.

وبحلول أواخر السبعينيات بدأ يدرك أن الحوار العام في أمريكا في سبيله إلى أن ينشغل أكثر فأكثر بالقضايا العلمية، وأن لديه الآن منظمة قادرة على إنجاز دراسات استقصائية عن المعارف الأولية العلمية. وحصل على منحة من المؤسسة القومية للعلوم، وذلك للعمل في إنجاز المشروع. «وبدأنا العمل في ركن منزو به أرفف كتب تخلصت منها المكتبة، واستخدمنا أشكالا بالورقة والقلم لإجراء أول استقصاء». وبعد بضع سنين أنجز الشكل الأساسي للاستبيان، وشرع في تجميع البيانات التي ستشكل ما أصبح فيما بعد برنامج مؤشرات العلم والهندسة، وهو برنامج يجري تنفيذه منذ عشرين عاما، ولايزال حتى الآن يشكل المعيار الذهبي للحدود الزمنية للمعارف الأولية العلمية.

ونقل جون عمله في أثناء ذلك إلى مبنى فندق مجاور للجامعة، جرى تجديده وبات يفكر في توسيع نطاق عمله بحيث يضم مؤسسات دولية تتعاون معه في مشروعاته. وكان أول هذه المشروعات في العام 1988، وهو دراسة استقصائية مقارنة بين الثقافات، بين الولايات المتحدة وبريطانيا. وقال: «لم تكد البيانات الخاصة بكل من الولايات المتحدة وبريطانيا تتوافر لدينا حتى أصبح كل فرد في مكانه المخصص له. وتتوافر لدينا الآن بيانات من أكثر من عشرة بلدان مختلفة تستخدم جميعها، من حيث الجوهر، مجموعة الأسئلة نفسها». والحقيقة أن هذا الجانب الدولي من عمله هو الذي فسر اضطراب فارق الزمن الذي شعر به في تلك الليلة في واشنطن.

وجدير بالذكر أننا لن نلقى كثيرا من المفاجآت عندما نقارن بين دراسات استقصائية عن أمريكا وأخرى عن بلدان أوروبية، ولكن عندما سألت جون عن بعض المشكلات التي واجهها في الصين، بدأت تتوالى

على لسانه حكايات مثيرة. قال: «بياناتهم تتركز أساسا على الرجال وتلقي بثقلها في انحياز إلى الرجال. الأزواج لا يسمحون لزوجاتهم بالتحدث مع الباحثين، ولذلك أبدى العلماء الصينيون حاجتهم الماسة إلى التعامل مع هذه المشكلة». ونعرف عمليا أن هذا النوع من المشكلات يظهر واضحا جليا في بلدان أخرى، ولهذا تضم فرق الباحثين الآن نساء لعمل لقاءات شخصية مع نظيراتهن (من دون معرفة الأزواج).

علاوة على هذا ثمة عدد كبير من السكان في الصين (تذهب بعض التقديرات إلى أنهم نحو 100 مليون) مسجلون داخل الريف ولكنهم يعيشون عمليا في المدن. ونظرا إلى أن إقامتهم غير شرعية فإنهم غالبا ما يحجمون عن إفشاء أسرار عن المعلومات السكانية للغرباء.

ولكن على الرغم من هذه المشكلات فإن العمل لتجميع ومقارنة المعلومات على نطاق العالم بشأن المعارف الأولية العلمية مستمر يوميا ويزداد باطراد، ويا لها من مسافة طويلة فاصلة بين تراشق ذلك الطالب بالطعام وذلك الركن المنزوي ذي أرفف الكتب.

صياغة الاختبار

يرى جون أن إطار المعارف الأولية العلمية (الذي يسميه هو: المعارف العلمية الأولية للحياة المدنية) يتألف من ثلاثة عناصر: (1) معرفة المفترضات الذهنية العلمية الأساسية؛ (2) فهم عمليات العلم؛ (3) فهم تأثير العلم في المجتمع. هذا على الرغم من أنه يستخدم فقط الاثنين الأولين في دراساته المقارنة للتداخلات الثقافية. ونظرا إلى أنه كان معنيا بتأسيس برنامج طويل المدى من الاستجابات فقد اختار أن يكون موضوع الاختبار هو المفاهيم التي لا تتغير أهميتها مع الزمن، وهي المفاهيم المتصلة بما أسميه في الفصل الثاني عشر الأفكار الكبرى.

وجدير بالذكر أن الأسئلة الخاصة بالاستقصاء يمكن أن تكون إما أسئلة غير مقيدة بحدود وإما أسئلة تستلزم إجابة مختصرة. مثال ذلك أن أحد الأسئلة غير المقيدة بحدود بشأن المفترضات الذهنية العلمية تبدأ على النحو التالي:

عندما تقرأ مصطلح الدنا (DNA) في صحيفة يومية أو مجلة، هل تجد لديك فهما واضحا لمعناه، أو فهما عاما لمعناه، أو فهما محدودا لمعناه؟

إذا أفاد الشخص بأن لديه «فهما واضحا» أو «إدراكا عاما» لمعنى المصطلح فإن الباحث يواصل بالسؤال التالي:

عبر بكلماتك أنت من فضلك، ما هو الدنا؟

وتُسجَّل الإجابات كما هي حرفيا ثم تُشفَّر مستخدمين إجراءات تعمية محكمة، وهي إجراءات تحقق، كما ظهر بوضوح، نتائج موضع ثقة كبيرة. وكما هو متوقع فإن هذا النوع من الأسئلة غير المقيدة يمثل أفضل مقياس لفهم موضوعات بذاتها في مجال المعارف الأولية العلمية.

ونظرا إلى أن المجيب، أي من يُجرى معه اللقاء، في وسعه أن ينهي اللقاء وقتما يشاء، خصوصا إذا كان اللقاء عبر الهاتف، فإن عدد الأسئلة غير المقيدة التي يوجهها الباحث يحسن أن يكون قليلا ومحدودا. ولذلك فإنه يجري استكمالها بأسئلة تحتاج إلى إجابات قصيرة. مثال ذلك الأسئلة التالية التي يمكن توجيهها للإجابة عنها بصيغة خطأ/صواب:

تعمل أشعة الليزر عن طريق تركيز الموجات الصوتية.

كل النشاط الإشعاعي صناعة بشرية.

البشر الأوائل عاشوا في الوقت نفسه الذي عاشت فيه الديناصورات.

مركز الأرض شديد الحرارة.

وقد تكون بعض الأسئلة أسئلة عن وقائع بسيطة، مثل:

أيهما ينتقل أسرع من الآخر، الضوء أم الصوت؟

ولكن الاختبار لمعرفة مدى فهم العملية العلمية أكثر صعوبة، نظرا إلى أن موضوعه لا يخضع لصيغة خطأ/صواب، أو صيغة تحتوي على اختيارات متعددة. واستخدم جون نهجا يقتدي بصيغة السؤال عن الدنا سالف الذكر، وسأل المبحوث عما إذا كان يفهم عملية الاستطلاع العلمي، ثم، عند الإجابة بنعم، يسأله عن تفسير. (لوحظ أن الإجابة الأكثر عمومية

عن هذا السؤال هي القول إن العلم يتضمن التجريب، وهي إجابة شعر معها جون بأنها تشير إلى الحد الأدنى المقبول من فهم الموضوع). وثمة أسئلة معينة بذاتها استهدفت سبر فهم الاحتمالية والفارق بين التنجيم وعلم الفلك، ودور الجماعات الضابطة في التجارب. وجرى وضعها في صيغ متباينة وتضمينها في الاختبار.

وتشتمل الدراسة الاستقصائية الأمريكية النمطية على نحو 2000 مشترك. ولكن الأسئلة الخاصة بالمعارف الأولية العلمية في الاتحاد الأوروبي تكون، عادة، متضمنة في دراسة استقصائية أضخم نصف سنوية اسمها الباروميتر الأوروبي، وتشتمل على نحو 1000 مشترك عن كل بلد خاضع للدراسة.

ومن يحصل من المفحوصين على درجات تزيد على 67 في المائة في اختبارات المفترضات الذهنية العلمية، ويكشفون عن الحد الأدنى من فهم المنهج العلمي، يوصفون بأنهم «مثقفون علميا» أو «جيدو الخبرة العلمية».

وكما ذكرت آنفا فإن أحد استخدامات هذا الاختبار هدفه أن تواكب الاتجاهات القومية في المعارف الأولية العلمية الزمن. وهكذا يصبح الاختبار أشبه بلوحة تسجيل البيانات التي نعرف منها مدى ما حققناه من تحسن في جهودنا. ويمكن القول إنه من الناحية المثالية، يمثل أي اختبار جرى تصميمه لتحقيق هذا الهدف نتائج تفكير جدّي طويل، وبالتالي يمكن أن يحتفظ بصيغته نفسها على مدى زمن طويل، ما ييسر لنا عقد مقارنات بين فترات زمنية مختلفة وتفسيرها بسهولة. ويمكن كذلك، في الوقت نفسه، عقد مقارنات بين الأمم المختلفة، حيث إنها تتضمن أسئلة مشتركة في الاختبارات التي وجهها الباحثون إلى أقطار مختلفة.

نتائج الدراسات الاستقصائية

إذا ألقينا نظرة إلى البيانات التي حصل عليها جون على مدى العشرين عاما الأخيرة فستبرز أمامنا نتيجتان مهمتان:

1 - متوسط درجات المعارف الأولية العلمية لدى الإنسان الأمريكي آخذ في الازدياد خلال العقد الماضي.

2 - يتجه الأمريكيون إلى أن يكونوا في القمة أو قربها عند عقد المقارنات الدولية.

وهذه نتائج قمينة بأن تثير دهشتنا إذا عرفنا ما كشف عنه طلاب المدارس العليا الأمريكية من ضعف في اختبارات التحصيل الدولية في كل من العلوم والرياضيات، فضلا عن عدم التحسن في اختبارات المدارس الابتدائية والمتوسطة والثانوية. علاوة على ذلك فإنه نظرا إلى أن جون أعد اختباراته لاختيار الكبار وليس الطلاب فإن لنا أن نتوقع قدرا من التدني في مستوى الفهم في الأعمار الكبيرة. وهذا التوقع من شأنه أن يثير حيرتنا أكثر إزاء الأداء النسبي الجيد للكبار.

وليسمح لي القارئ بأن أعرض بعض الأرقام لتوضيح النقطتين سالفتي الذكر: في مطلع تسعينيات القرن العشرين كان عدد كبار السن الأمريكيين الذين صنفهم جون بأنهم «مثقفون علميا» نحو 12 في المائة من مجموع السكان. ولكن هذا العدد قفز في الدراسة الاستقصائية للعام 2005 إلى 28 في المائة، في ضوء اختبارات جرت خلال السنوات الوسيطة كشفت عن تحسن مطرد [1].

وليس ثمة سبب في هذه النتائج يدعو إلى الرضا عن الذات. إن 28 في المائة من الأمريكيين يفون بشروط جون (وهي صراحة الحد الأدنى) الخاصة بالمعارف الأولية العلمية، ما يعني تقريبا أن ثلاثة أمريكيين من بين كل أربعة لا يفون بالشروط. وطبيعي أن هذه النتيجة لا توحي بالثقة بقدرتنا على إدارة حوارات عامة متقدمة خلال السنوات المقبلة. وتكشف الاتجاهات، من ناحية أخرى، عن أننا بالفعل نفعل ما هو صواب. ويمكننا من أن نثير السؤال (الذي أثيره في الفصل الثاني عشر) كيف لنا أن نتحسن تأسيسا على هذه القاعدة؟

بدت المقارنات الدولية مفاجئة بالمثل، إذ كشفت هذه الدراسات الاستقصائية التي أجريت في التسعينيات عن أن المعارف العلمية الأساسية عند الأمريكيين تبلغ 12 في المائة، بينما كانت قريبة من 10 في المائة فقط

عنـــد البريطانيين، يتلوهم الدنماركيون والهولنديون (8 في المائة). وجاءت الولايات المتحدة ثانية بعد الســـويد في أحدث دراســـة استقصائية جرت أخيرا بـ «35 في المائة» [2].

وبعـــد أن واجهنا هـــذه الاتجاهات طويلة المدى فـــي البيانات فإن أول ســـؤال يطرأ على الذهن هو: لماذا كانت كذلـــك؟ أعني أنه في ضوء تدني نتائج الطـــلاب الأمريكيين في اختبارات التحصيل، لماذا اســـتطاع الكبار الأمريكيون أن يكشفوا عن تحسن في المعارف الأولية العلمية ويظهروا في صورة جيدة في المقارنات الدولية؟

وعندما طرحت هذا الســـؤال على جـــون كانت لديه الإجابة جاهزة. قال: «أفضل مؤشـــر يدل على نجاح هـــذه الاختبارات هو عدد المقررات الدراســـية العلمية على مستوى الكلية التي درســـها كل فرد. إن ما نراه هنا هـــو نتيجة أن الأمريكيين مطالبون بتلقـــي مقررات في العلم داخل الجامعة، بينما الأوروبيون والآســـيويون ليســـوا كذلـــك». ويُعزى ارتفاع درجات المعارف الأولية العلمية في الجانب الأكبر منها إلى زيادة المقررات الدراســـية التي تستهدف تحديدا غير العلماء في الجامعات الأمريكية. وهذا هو ما سنطلق عليه في الفصل الثامن «الفيزياء للشعراء وحركات العلم الموحد».

إن هذه المقررات الدراســـية إذا صُممـــت وقُدمت على النحو الصحيح فإن بإمكانها أن تزود الطلاب بالأدوات اللازمة لقراءة وفهم المســـتحدثات العلمية الجديدة علـــى مدى عقود عديدة مقبلة من حياتهم. والحقيقة أن كثيرا من المقررات الدراســـية العلمية على مســـتوى الكلية والتي يدرسها الكبـــار غير العلميين تزودهم ببصيرة نافذة قيمة للغاية لفهم طبيعة المادة وتطـــور وبنية الكائنات الحية، وفهم طبيعة كوكبنا والكون الذي نعيش فيه. مثال ذلك أن هذه المقررات الدراســـية بقدر مـــا تمثل عونا للطلاب لتعلم شـــيء عن طبيعة وبنية الدنـــا DNA، بقدر ما تمثـــل أداة لهؤلاء الطلاب أنفســـهم لقراءة وإعمال الفكـــر في قضايا التعديل الجينـــي لعقود مقبلة مســـتقبلا، حتى إن لم نعرف اليوم حقيقة محتوى خلافات المستقبل وكيف ستكون على وجه الدقة.

وواقــع الأمر أن الدراســات الاســتقصائية التــي أجراها جون تحــدد أثريــن إيجابيين لمقررات دراســة العلم عند مســتوى الكلية. أحدهمــا، وليس لنــا أن ندهش هنا، هو أن الطــلاب الذين تزودوا بالخلفية الأساســية للمعارف الأولية العلمية يظلون محتفظين ببعض تلــك المعارف في حياتهم بعــد ذلك. والثاني ليس مباشــرا إلى حد كبيــر كهذا، ولكن يمثل في النهاية عاملا مهما شــأنه شــأن المعارف المباشــرة التي تحصلت للمرء عن طريق المقررات الدراســية. ويبين في خاتمة المطاف أن من تلقوا مقررا في العلم في الكلية هم الأقدر من ســواهم، على أرجح تقدير، على الاستفادة من فرص تعليم العلم غير الرســمية، وما أكثرها في مجتمعنا. إنهم على الأرجح يطالعون الكتــب والمجلات ومقالات الصحف التــي تتناول العلم. وهم الأرجح أيضا في الإقبــال على زيارة المتاحف، ومشــاهدة البرامج التلفازية مثل برنامج نوفا NOVA (*) وغير ذلك. إنهم، بعبارة أخرى، ســوف ينغمســون - على الأرجح - في التعلم مدى الحياة، مادام الأســاس الضروري توافــر لديهم ليمكنهم من ذلك. وغني عن البيان أن تزايد عــدد المعنيين بالبحث عــن معلومات خاصة بالعلــم هو في الحقيقة القوة التي أثارت الاهتمام بزيادة عدد ما نسميه «الصحافة العلمية». وهذه نقطة ســنعود إليها ســريعا.

ولكن أيا كانت الأســباب فإن قاعدة المعلومات الدولية الضخمة التي أنجزها جون لا تحدد لنا نقطة الانطلاق فقط في بحثنا من أجل المزيد من المعارف الأولية العلمية، بل تهيئ لنا مؤشــرا إلى الكيفية التي يجري بها البحث. وتخبرنا كذلك بأن النغمة التشــاؤمية الســائدة على لسان الكُتَّاب من أمثال موريس شــاموس ربما تكــون غير مكتملة النضج إلى حد ما. ونعرف أن موريس شاموس أبدى يأسه الكامل من إمكان تحقيق أي تقدم على الإطلاق في هذا المجال، وذلك في كتابه «أسطورة المعارف الأولية العلمية».

(*) نوفــا Nova: هو برنامج علمي يتضمن لقاءات مع علماء مختصين للحديث عن مواضيع أو اكتشــافات علمية. بدأ بثه عام 1974، وأســهمت الـ «بي بي سي» (البريطانية) في إنتاج حلقاته الأولى، ويعرض اليوم على قناة الـ «بي بي إس» (PBS) الأمريكية [المحررة].

تقييم برامج محددة للمعارف الأولية العلمية

الآن، وقد عرفنا الأدوات المتاحة لنا لقياس المعارف الأولية العلمية لدى كبار السن من السكان، أصبح في الإمكان الانتقال إلى مشكلة تقييم عدد من البرامج المحددة. ويمثل هــذا، يقينا، مناط الاهتمام الأول في حقبتنا التي تعتمد على المعايير. ولدينا قضيتان من شأنهما، في حدود ما أعرف، أن تجعلا مهمتنا صعبة إن لم أقل مستحيلة:

أولاهما، وسبق أن ألمحت إليها، وهي تتضمن تناقص المعارف مع الزمن. إننا إذا ســلمنا بالدراسة التحليلية التي أنجزها جون بشأن السبب الذي من أجله كشــفت أمريكا عن نتائج جيدة نسبيا في الدراسات الاستقصائية عن المعارف الأولية العلمية، فإن وقت تلقي شــخص مــا للمادة العلمية يجب أن يتساوى، من حيث الأهمية، مع ما تلقاه. إنه لمن المستساغ، على سبيل المثال، أن نتوقع لشــخص قرأ أخيرا مقالا في مجلة تايمز عن مبحث الوراثة (وقد كان هنــاك عدد من تلك المقالات أخيرا) أنه ســوف يجيب إجابة جيدة عن السؤال الخاص بموضوع الدنا DNA الذي أوردناه في السابق، بينما شخص آخر قرأ مقالا مماثلا لهذا قبل ســنتين لن تكون إجابته عند المستوى نفسه. معنى هذا أننا لســنا فقط في حاجة إلى معرفة ما أُنجز في مقرر دراســي رســمي، بل يجب أن نعرف أيضا آخر الاطلاعات غير الرســمية على العلم. وهذه قد تكون مهمة محبطة لدراسة استقصائية طوعية لمدة 20 دقيقة.

وينقلنــا هذا إلى النقطة الثانية. إننا حين نعاير مســتوى المعارف الأولية العلمية عند الشــخص الكبير نكون بصدد الأثر الموحد المتكامل للتعلم مدى الحياة، التعلم الرســمي وغير الرســمي معا. وكم هو مستحيل عمليا هنا أن نســتخلص من هذا النوع مــن البيانات أثر مقرر دراســي تجديدي للصف الثالث في العلم أو أثر زيارة متحف. وحتى إذا افترضنا أن الناس في وسعهم تذكر نوع ما تلقوه من تعليم في المدرسة الابتدائية فإن الأثر الناجم عن مقرر دراسي بعينه سوف يمتزج بكل المتغيرات الأخرى التي تتضمنها المشكلة.

معنى هذا أننا إذ نكون بصدد تقييم برامج محددة بذاتها فإننا ســوف نرتد إلى نمــوذج الامتحان النهائي التقليدي حتى إن لم يزودنا بالمعلومات التي نريدها حقيقة. ولنا أن ندفع بأن شــخصا ما تهيأت له خبرة خاصة

مع مستوى رفيع من المعارف الأولية العلمية سوف يحتفظ على الأرجح بمزيد من المعرفة في فترة تالية، وذلك لسبب بسيط هو أن لديه كثيرا مما يتسنى له أن ينطلق على أساسه. وعلى أي حال فإن هذه، بالإضافة إلى ما توافر لدى جون لرسم معالم النجاح الشامل لمشروعنا، هي كل ما لدينا من معلومات نفيد بها.

استطراد تقني: نظرية الإجابة عن المفردات، وتصميم الاختبار، والمقارنات بين الثقافات

فكرة جيدة أن ننظر بين الحين والآخر إلى البيانات بقدر من العمق أكثر مما فعلنا حتى الآن في هذا الفصل. ذلك أن هذا النوع من التدريب يمكن أن يهيئ للقارئ قدرا من الفهم لمدى تعقد العالم الواقعي، الذي يتوارى عادة وراء المعلومات التي تبدو لنا على السطح معلومات بسيطة. وسوف أعرض في هذا الفصل ما أسميه نظرية الإجابة عن المفردات (ن ج م)، وهي منهج نظري لتحليل نتائج الاختبار والاستقصاء عن طريق تأمل الإجابات عن أسئلة أو «مفردات» بعينها. ولكن القارئ الذي يريد أن يتخطى هذا القسم التقني، إلى حد ما، في وسعه أن يقنع بالمناقشة المعروضة في ختام الفصل من دون أن ينقطع اتصاله بالموضوع.

عند تقييم المعارف المتوافرة لدى المشاركين في اختبار أو استقصاء معين يكون من الممكن غالبا تحصيل كم من المعلومات أكثر مما تتضمنه درجات الاختبار في حالتها الظاهرة، إذ نستطيع - على سبيل المثال - تحليل الاستجابات الفردية لنتبين مدى جودة تصميم الاختبار أو الاستبيان، ما يسمح لنا باستبعاد الإجابات عن الأسئلة المصممة بطريقة سيئة.

علاوة على هذا فإنه كثيرا ما يحدث أن نقدم صورا مختلفة من الاختبار نفسه إلى جماعات مختلفة. مثال ذلك الاختبارات التي تُقدَّم في بلدان مختلفة ونادرا ما تكون متطابقة بعضها مع بعض على مدى فترة زمنية طويلة. لذلك، من المفيد إلى أقصى حد أن تكون

لدينا طريقة لمقارنة النتائج بعضها ببعض على الرغم من الفوارق بين الاختبارات من حيث التفاصيل. وهنا نقول: لقد صُمِّمت نظرية الإجابة عن المفردات بوصفها منهجا نظريا هدفه معالجة هذا النوع من المشكلات.

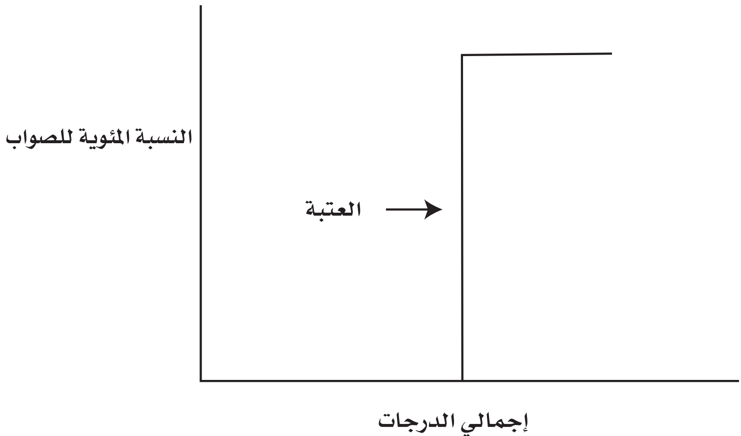
وجدير بالذكر أن مسألة أو مفردة «مثالية» تتعلق باختبار «مثالي» نتوقع لها أن تسير على نحو مقارب لما يلي: إن من أنجزوا مستوى معينا من الفهم لموضوع الاختبار سوف يتوصلون إلى إجابة صحيحة، بينما من لم يتوافر لهم هذا المستوى من الفهم سوف يخطئون. معنى هذا أن الإجابة عن السؤال ستدلنا بنفسها عما إذا كان الشخص موضوع الاختبار قد حقق المستوى المطلوب من المعارف أو لا.

ومشكلتنا مع هذا الموقف المثالي أنه يستلزم منا أن يكون لدينا أسلوب مستقل - إلى حد ما - لمعرفة مستوى معارف الشخص. وقد يكون هذا ممكنا في بعض الحالات (مثال ذلك عند اختبار القراءة الاستيعابية، حيث توجد اختبارات أخرى لمستوى القراءة المتاح). ولكن غالبا ما تكون حال معارف الشخص هي الهدف الذي نحاول قياسه، ولهذا لا تكون معروفة لنا في البداية.

والطريقة المعتادة للالتفاف على هذه المشكلة هي استخدام إجمالي درجات اختبار الشخص كمقاربة تقربنا من تقدير حال المعرفة عند هذا الشخص. ويمكننا في هذه الحال عمل مخطط بياني للمسألة التي تعنينا في صيغتها المثالية على غرار المخطط المبين في الشكل (6 - 1) ونحدد على المحور الأفقي إجمالي درجات الاختبار، بينما نجد على المحور الرأسي النسبة المئوية للمختبرين الذين أجابوا إجابات صحيحة.

ويتبين لنا من هذا المخطط البياني أن أي أحد حصل على درجات دون رقم معين في الاختبار لم يستطع الإجابة عن السؤال، بينما كل من حصلوا على درجات أعلى من هذا الرقم أجابوا. ورأينا أن نسمي هذه الدرجة الحرجة من إجمالي درجات الاختبار باسم العتبة، لأنها علامة دالة على نقطة الانتقال نحو هذه المسألة.

ويمكن القول، تأسيسا على السؤال موضع البحث، إن هذه العتبة يمكن أن تكون أي درجة مئوية من صفر في المائة إلى 100 في المائة. وسوف تتطابق أول هذه الإمكانات المحتملة مع سؤال يمكن أن يجيب عنه عمليا كل شخص وهو: «هل الجو الحار يميل إلى الارتفاع أو الانخفاض؟» ويتطابق الثاني مع سؤال لا يمكن لأحد أن يجيب عنه: «اشرح مفهوم إعادة الوضع المعياري في نظرية المجال الكوانتية». (عمليا، إذا كانت العينة موضع الاختبار ضمت أخصائيا في الفيزياء النظرية فإن بالإمكان الحصول على إجابة صحيحة عن السؤال الثاني، ولكن حدوث مثل هذا الأمر غير محتمل إحصائيا).

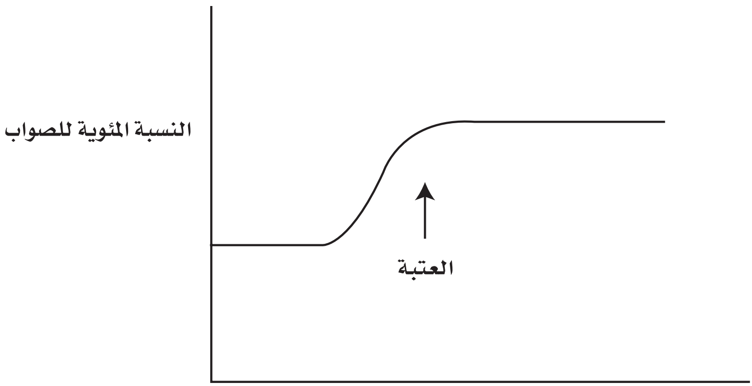


الشكل (6 – 1): إجابات افتراضية عن سؤال في اختبار مثالي

وطبيعي أن كلا من حالتي صفر في المائة و100 في المائة لا فائدة منهما من وجهة نظر التحليل بما أنهما لا تسمحان بعقد أي نوع من التمييز بين المختبرين. إذ لو أن كل شخص قادر على أن يجيب عن سؤال، أو لا أحد بمقدوره أن يجيب فإن الباحث لن يعرف شيئا يذكر عن معامل الارتباط بين نوع محدد بذاته من المعارف وعوامل أخرى مثل التعليم.

ونجد من ناحية أخرى أنه عندما تكون العتبة بين هذين الطرفين على نحو ما هو ظاهر في الشكل (1 - 6) فإنها بذلك تمايز بين المختبرين: أولئك الذين يجيبون إجابة صحيحة سوف يحصلون على درجات يزيد مجموعها على العتبة، بينما من يخفقون في الإجابة سيحصلون على درجات أقل. ويتألف الاختبار المثالي من بنود تتصاعد عتباتها على مراحل، بما يعني أن الجميع تقريبا سيكون في وسعهم الإجابة عن السؤال الأول، ولا أحد تقريبا سيكون في وسعه الإجابة عن السؤال الأخير. سيكون من السهل نسبيا، بفضل مثل هذا الاختبار، أن نستنتج آثار عوامل مثل العمر والجنس ومستوى التعليم على النتائج المتحصلة.

وطبيعي أنه لا يوجد اختبار «حقيقي» مبني على الأسئلة أو المفردات سيعطي نتائج تماثل ما هو موضح في الشكل (6 - 1). ومن ثم فإن الإجابات الفعلية عن مفردات بعينها ستكون أكثر شبها بالمنحنى المبين في الشكل (6 - 2) الذي نسميه «منحني الإجابة عن المفردات». وتأتي هذه النتيجة على عكس الخطوة الحادة التي تحدثنا فيها عن الحال المثالية، إذ إنها تبين تصاعدا تدريجيا للإجابات الصحيحة مع بيان درجات الاختبار، وبذا تمثل موقفا أكثر واقعية. ويتضمن هذا المنحنى كثيرا من النقاط التي تحتاج إلى مناقشة.



الشكل (6 - 2): منحنى الإجابة عن المفردات: إجابات نمطية عن أسئلة ضمن اختبار واقعي

يبين المنحنى أنه سيكون هناك عدد من الإجابات الصحيحة حتى بالنسبة إلى من كان أداؤهم في الاختبار ضعيفا، ومن ثم (وفق ما هو مفترض) لا يعرفون شيئا عن موضوع الاختبار. وسبب ذلك أنه في اختبارات الاختيارات المتعددة أو اختبارات خطأ/صواب يحدث أن شخصا يخمن الإجابة عشوائيا ويحصل على إجابات صحيحة عن نسبة مئوية معينة عند أداء الاختبار في كل مرة. وتتجلى هذه الحال في الاسم الذي يطلقه الإحصائيون على المكان الذي يتقاطع فيه المنحنى مع المحور الرأسي - إذ يسمونه معلم (باراميتر) التخمين guessing parameter. مثال ذلك أنه في اختبار متعدد الاختيارات يتضمن أربع إجابات محتملة يكون أبسط تقدير لمعلم التخمين 0.25، إذ لو أن «شمبانزي» أمسك الاختبار ربما يحصل على إجابة صحيحة من بين الإجابات الأربع (عمليا المعلم [الباراميتر] أكثر تعقيدا بقليل من هذا؛ لأنه كلما زادت معرفة المرء زادت قدرته على إلغاء الإجابات الخاطئة، ومن ثم يقل عدد التخمينات المحتملة).

النقطة الثانية التي نود أن نشير إليها هي أن هذا المنحنى على الرغم من أنه يبين زيادة في النسبة المئوية للمشاركين في الاختبار والحاصلين على إجابة صحيحة مع زيادة المعرفة، فإنه لا يتضمن العتبة الحادة التي نراها في الحالة المثالية في الشكل (6 - 1). ويتضح لنا هذا عند ملاحظة خاصيتين للمنحنى، النقطة التي عندها يجيب 50 في المائة من المفحوصين عن السؤال إجابة صحيحة، وهي العتبة، وانحدار المنحنى عند هذه النقطة. وتبين واضحا أنه كلما كان المنحنى أكثر انحدارا كان أقرب إلى الدنو من المثالي. وتعتبر هذه الأرقام الثلاثة - معلم التخمين والعتبة والمنحدر - هي الخصائص المميزة للمنحنى.

لماذا نحن في حاجة إلى نظرية الإجابة عن المفردات لتحليل نتائج الاختبارات؟ يعرض جون ميللر مثالا مهما، إنه حينما تضمن اختبار جرى تطبيقه في اليابان سؤالا عن الاحتمالية وعلم الوراثة، تغير

الموضوع من موضوع يشتمل على احتمال العيوب الولادية (كما هو في الصيغة الأمريكية) إلى موضوع يشتمل على احتمالات اللون في الأزهار (والذي كان لسبب ما أكثر اتساقا مع الممارسات التعليمية اليابانية). أنى لنا أن نقول إن هاتين الصيغتين المختلفتين للسؤال متماثلتان من حيث الصعوبة؟

يقول جون: «الأمر هنا أشبه بالغطس في الأولمبياد، إن كل غطسة لها مستوى صعوبة محدد يُستخدَم لتقدير درجات الحكام على الغطسة نفسها. معنى هذا أن الغواص الذي حصل على 10 درجات من الحكام عن غطسة بسيطة يمكن عمليا أن ينتهي به الأمر ويكون أدنى مستوى من غواص حصل على درجات أقل عن غطسة أصعب كثيرا. ونجد على المنوال نفسه أن نظرية الإجابة عن المفردات تهيئ لنا وسيلة لمقارنة صعوبة أسئلة الاختبارات».

وحري بنا أن نشير إلى أن نظرية الإجابة عن المفردات لها استخدامات كثيرة شأن الأغلبية العظمى من التقنيات الرياضية. وقدم جون مثالا يُقرِّب الأمر إلى فهمنا ومن ثم يستخدم مثالا لاختبار القدرات الدراسية SAT. ويقول موضحا: «يُقدَّم هذا الاختبار في 16 يوما من أيام السبت المتوالية، وبذلك حين يتوافر الحافز يمكن إرسال المفحوصين إلى الدورات الأولى لاستظهار الأسئلة. وهكذا يمكن للمرء في النهاية أن يحصل عمليا على نسخة كاملة. وإذا أردت تجنب هذا الاحتمال فإن عليك تقديم 16 اختبارا مختلفا. معنى هذا بطبيعة الحال أن عليك أن تعرف بندا بندا أن الاختبارات محددة التقديرات والدرجات، بحيث إن الطلاب الذين يجيبون عن صيغة أكثر صعوبة بدرجة طفيفة لن ينالوا عقابا. وطبيعي أن يتوافر لدينا أسلوب موثوق به لتحديد التقديرات نظرا إلى أننا نعيش في عالم نجد فيه أن بضع نقاط محدودة في تقدير الدرجات يمكن أن تؤثر في قبول الطلاب والالتحاق بالكلية (فضلا عن الدعاوي القضائية). وهنا نذكر أن نظرية الإجابة عن المفردات هي التي توفر لنا تحديدا هذا النوع من مناهج المقارنة.

إن الفكرة التي أريد من القارئ أن يستخلصها من هذه المناقشة لنظرية الإجابــة عن المفــردات هي ما يلي: توجد وراء جمــاع درجات الاختبارات البسيطة التي نقرأ عنها في الصحف كثير من التقنيات المتنوعة التي منها تقنية نظرية الإجابة عن المفردات. إذ تســمح لنا بتحليل أكثر دقة وتقدما للنتائــج. وأقول في النهاية: يوجد كثير جدا من التقنيات لتحليل الإجابات عن الاســتبيانات التي تزيد كثيرا على مجرد إحصاء الإجابات التي تتمثل في صواب/خطأ فقط.

7

خط أنابيب البحوث

«إن البحوث الأساسية تمثل - بوضوح - العلم، بينما التطوير يمثل التكنولوجيا. ويحدث الانتقال من أحدهما إلى الآخر في منتصف خط الأنابيب، أي في المنطقة التي أسميها البحوث التطبيقية».
المؤلف

صادفت على مدى سنوات عمري عددا من الأقوال المأثورة التي وصفتها ساخرا باسم «قوانين تريفيل». ولعل أكثرها ملاءمة لموضوع هذا الفصل يمكن صياغته على النحو التالي:

كلما تصور شخص ما صورة عن الكيفية التي يعمل بها الكون، سرعان، أو بعد قليل، ما يظهر آخر يضع تصورا لنفسه، كيف يستثمر هذه المعلومة لمصلحته ويحقق منها مالا.

العلم والتكنولوجيا

طبيعي أن تحدوني رغبة، كعالم، بأن تتهيأ للناس قدرة على تقييم مهنتي لما فيها من جمال وما تضفيه من فهم عميق

لحياتهـم، وأيضـا لما فيها من روعة فكرية آسـرة. بيـد أن تجربة الحياة علمتني أن الأمور ليست على هذا النحو. إذ حيثما يشرع أصحاب المناصب القيادية، خصوصا من هم في سـدة الحكم، أو كبـار رجال الأعمال، في الحديث عن قيمة العلم فإذا بالحديث لا يسـتغرق وقتا طويلا وسرعان ما يتحول إلى حديث عـن المنافع الاقتصادية المترتبة على الإنجازات العلمية المتقدمة. إنني لو قدر لي أن أتقاضى قرشا واحدا عن كل مرة سمعت فيها حاكمـا يتحدث عن بناء وادي السـليكون الثاني في ولايته لكنت أصبحت من الأثرياء. (نعم. قد يكون في حديثي مبالغة، إذ ربما توافر لي فقط ما يمكنني من الحصول على كوب من شراب الكابتشينو الرائع الذي أحتسيه الآن وأنا أكتب).

لهذا فإننا حين نطرح سـؤالنا «لماذا العلم؟» فإن علينا أن نواجه حقيقة أن طريقة المواطنين العاديين وكذا القادة السياسـيين ورجال الأعمال في التفكيـر في السـؤال هي طريقة جـد مختلفة عن طريقة تنـاول العلماء والمعلمـين. تـرى المجموعة الأولـى أن العلم ذو قيمة كبيرة لأنه السـبيل لتحقيق مكاسـب اقتصادية وزيادة وتعزيز صحة وسـعادة البشـر. وترى المجموعـة الثانية أن العلم جزء من، أو ينبغـي أن يكون جزءا من، التعليم الليبرالي، شـيء ندرسه لذاته وليس لمجرد أي مكاسب اقتصادية يمكن أن نجنيها من ورائه.

ويذكرنـي هـذا الموقف بمؤتمر شـاركت فيه منذ سـنوات. انعقد المؤتمر في ريشـموند، وكان مخصصا لمناقشـة ودراسـة حالة التعليم الليبرالـي في نظام جامعة فرجينيا. وضـم المؤتمر كل الجامعات في الولاية. وشـاركت فيه كواحد من بين ممثلي جامعة فرجينيا. وتعاقب المتحدثـون الواحد تلـو الآخر على مـدى يومين، وكل منهم يشـجب بقوة ما يراه صورة لتفشـي الروح المهنية السـائدة بين جيل الطلاب، وانهيار الفنون الليبرالية والسـطوة التي يؤسف لها (في نظرهم) للعلم والهندسة في الدراسات الأكاديمية. ثم جاء الدور ليوجه حاكم الولاية خطابه إلى الحضور، باعتبار خطابه الخطاب الرئيسـي، وانحصر كل مـا قالـه في أول جملة له عـن الكيفية التي يمكن بهـا للجامعات أن

تخدم كنويات لخلق تكنولوجيات ومشروعات أعمال جديدة، مستشهدا بكل من مشــروعات الطريق السريع 128 قرب بوسطن وكذلك (نعم) وادي السليكون، كمثالين لما يطالب جامعة فرجينيا بأن تتجزه. إنني لم أشهد في حياتي مثالا أوضح من ذلك، عن الهوة الواسعة الفاصلة بين الأكاديميات وبقية السكان.

وأجد لزاما أن أصرح بأنني باعتباري أحد العلماء الأساســيين في الاجتماع شــعرت بغصة المهانة وأنا أســتمع إلى حديث حاكم الولاية، خصوصا بعد أن أمســكت عن الكلام على مدى يوم ونصف. بيد أنني كلمــا أطلت التفكير في الأمــر ازددت إدراكا بأن وجهتي النظر اللتين عبر عنهما المتحدثون في المؤتمر ليســتا متباعدتــين تماما. إن العلم يجمع بين كونه أداة توليد للنشاط الاقتصادي، وكونه جزءا من التعليم الليبرالي، وأنه هكذا كان دائما. وأود أن أوضح أن الفكرة الأساســية فــي قانون تريفــل المذكور آنفا هي أننا حين نشــرع في تطبيق المنهج العلمي على مشــكلات الطبيعة، حتى إن كانت المنافع الاقتصادية هي أبعد شــيء عن أذهاننا، فإننا نعمل حتما على توليد تلك المنافع شئنا أم أبينا.

وتوجد أمثلة كثيرة جدا في التاريخ تؤكد هذه الفكرة التي لا أكاد أعرف من أين أبدأ بها. ولعل مطلع القرن التاســع عشر هو أفضل وقت نبدأ به. إذ هذه هي الفترة التي بدأ فيها تطبيق المنهج العلمي لدراســة طائفة من الظواهر الطبيعية القديمة، ولكنها غريبة، ومنها الكهرباء والمغناطيســية. إذ علــى الرغم من أن هذه الظواهر كانت معروفــة منذ العصور القديمة فإن دراســتها دراسة منهجية لم تبدأ إلا في أواخر القرن الثامن عشر، ثم أصبحت واضحة في ثلاثينيات القرن التاســع عشــر. إذ تبين للعلماء أن ظاهرتي الكهرباء والمغناطيســية مترابطتان على نحو وثيق على الرغم من ظهورهما وكأنهمــا ظاهرتان مختلفتان كل منهما عن الأخرى. واســتثمر عالــم الفيزياء البريطاني ميشــيل فاراداي هذه الرابطة في سلســلة من التجارب المذهلة التي أنتجت المقدمات الأولى للمحرك الكهربائي الحديث والمولد الكهربائي.

وقصة حياة فارادي مثيرة للاهتمام بخاصة: ابن لحداد، كان عضوا في طائفة مسيحية صغيرة. والمعروف أنه في مطلع القرن التاسع عشر كان أبناء كنيسة إنجلترا الرسمية هم من في إمكانهم الالتحاق بالجامعات، ولذلك كانت سبل التعليم الرسمي مسدودة أمامه. وكان السائد وقتذاك عمل الفتيان تلاميذ لمهنة ما، حتى يتسنى لهم تعلمها. وهكذا ألحق أبو فارادي ابنه للعمل تلميذا مهنيا لدى صاحب مكتب تجليد كتب. وهنا طالع فارادي الكتب التي يجلدها، وكشف من خلال مطالعاته عن اهتمام عميق بالعلم. وأعطاه أحد العملاء عددا من البطاقات لحضور سلسلة محاضرات يقدمها همفري دافي عالم الكيمياء المبرز. وسجل فارادي عديدا من الملاحظات عن المحاضرات في لوح نحاسي فيكتوري جميل، وجلَّد الملاحظات المطبوعة بغطاء من الجلد، وقدمها هدية إلى دافي عندما قدم طلبا للعمل معه في وظيفة مساعد. واستخدمه بالفعل ثم شق طريقه صاعدا ليشغل منصبا رفيعا في الأوساط العلمية الإنجليزية. وأكثر من هذا، حل ضيفا مرات عديدة في بلاط الملكة فيكتوريا.

والقصة التي أريد أن أحكيها تتعلق بيوم صاحب فيه فارادي رئيس الوزراء البريطاني في جولة في معمله (نظرا إلى أني سمعت هذه القصة تروى عن كل رئيس للوزراء البريطانيين تقريبا منذ 1815، لذلك سأترك للمؤرخين مهمة تحديد أي رئيس وزراء هو الحقيقي). وثمة افتراض بأن رئيس الوزراء بعد أن شاهد الأجهزة القديمة قال: «حسنا، يا سيد فارادي، هذا كله جميل ولكن ما الفائدة؟». أجاب فارادي: «ما الفائدة؟ حسنا، سيدي رئيس الوزراء، سوف تستطيع يوما أن تفرض رسما ضريبيا عليه!».

مغزى القصة أنه لا رئيس الوزراء بكل حكمته وبصيرته ولا فارادي، والمفترض أنه أعظم علماء عصره، استطاع أن يخمن إلى أي وجهة سوف يقودنا هذا الخليط من المعدات والأجهزة. إذ كانت المسألة من وجهة نظر فارادي لا تعدو محاولة تبيان كيف تعمل الطبيعة، فضلا عن أن الأجهزة هي بشكل أو بآخر منتجات عرضية غير مسبوقة لهذا البحث.

وإن أيا من الرجلين لم يكن بوسعه التنبؤ بالعالم الحديث حيث الطاقة المختزنة في الفحم أو اليورانيوم أو مساقط المياه يمكن استخدامها لإدارة مولدات ضخمة تنتج تيارا يسري إلى جميع القارات عبر شبكة من خطوط الطاقة.

ومع هذا، كم هو عسير تخيل المجتمع الحديث من دون منافع أجهزة فاراداي. يكفي أن نتصور شيئا بسيطا مثل ركوب السيارة والضغط على زرار، فإذا بالنافذة الزجاجية تنفتح هابطة إلى أسفل. هنا محرك كهربائي صغير، يمثل إحدى السلالات البعيدة لما رآه رئيس الوزراء يوم زيارته لمعمل فاراداي، وهذا المحرك هو الذي دار وفتح النافذة. ولعل القارئ استخدم محركات كهربائية مئات المرات كل يوم من دون أن يعرف ذلك. إن أي جهاز مثل المروحة الكهربية أو الكومبيوتر أو مجفف الشعر أو مكيف الهواء - يستخدم مثل هذه المحركات. ويكفي أن نقول إن شبكة الطاقة الكهربية العظمى التي تحيط بالعالم هي إحدى النتائج الرائعة لأعمال فاراداي، وإن لم تدر بخلد أحد عند اختراعها. وهنا أقول إن هذه العبارة ذات معنى خاص عندي وأنا أكتبها. ذلك أنه منذ أسبوع مضى اجتاحت واشنطن العاصمة عواصف هوجاء غير مسبوقة تساقطت بسببها أشجار، وانقطع التيار الكهربي عن مئات الآلاف من المنازل. وبعد أن قضينا يومين من أيام الصيف الحارة من دون كهرباء أدركنا أنا وجيراني قيمة جديدة لإنجازات ميشيل فاراداي، ومدى إسهاماته لرفاه البشرية.

وإذا عدنا بالذاكرة إلى الماضي من واقعنا الراهن، نجد من اليسير علينا أن نتبين أهمية إنجازات فاراداي، وسرعان ما ندرك جدوى البحوث الحديثة التي تستهدف تقدم قدراتنا على توليد الكهرباء. ولنتأمل كمثال جهود تطوير واستحداث مجموعات للخلايا الشمسية ذات الفعالية العالية. ولكن وكما تبين ملاحظات رئيس الوزراء، لم يكن واضحا في العام 1830 أن الأبحاث في المجالات المحفوفة بالأسرار عن الكهرباء والمغناطيسية سوف تحقق أي شيء آخر سوى إشباع الفضول المعرفي لدى الباحث. وليس من شك عندي مثلا أنه لو سأل أحد فاراداي وقتذاك

عما إذا كانت أعماله ستفضي بنا إلى وسيلة لإضاءة المنازل أفضل من مصابيح الزيت لارتبك فاراداي، إذ سوف يستعصي عليه فهم ما يتحدث عنه السائل. ولكن حري بنا أن ندرك أنه خلال الأربع والعشرين ساعة المقبلة سوف يضغط من يطالع هذا الكتاب على زر ويضيء النور الكهربي بفضل عبقرية السيد فاراداي الذي أبدعه.

وهكذا نجد أن الفضول المعرفي للعلماء والجدوى العملية لمجهودهم أمران مترابطان. وينقلنا هذا إلى السؤال: كيف يتحقق على وجه الدقة والتحديد الترابط بين الأوجه المختلفة للمشروع العلمي، وكيف يفضي أحدهما حتما إلى الآخر من خلال ما أسميه خط الأنابيب. إن هذا السؤال جرى طرحه تقليديا في اللغة المعيارية لسياسة العلم في ضوء ثلاثة أنواع من العمل العلمي: البحوث الأساسية والبحوث التطبيقية والتطوير. ويجدر بي أن أوضح أنني حتى هذه اللحظة من المناقشة لم أكن دقيقا تماما في استخدامي لمصطلحي العلم والتكنولوجيا. إن الاثنين، وعلى الرغم من أنهما مترابطان ليسا متطابقين. وسوف يبين الفارق بين الاثنين بوضوح من خلال متابعة خط أنابيب البحث. وجوهر الأمر أن البحوث الأساسية تمثل - بوضوح - العلم، بينما التطوير يمثل التكنولوجيا. ويحدث الانتقال من أحدهما إلى الآخر في منتصف خط الأنابيب، أي في المنطقة التي أسميها البحوث التطبيقية.

البحوث الأساسية: المعرفة من أجل المعرفة

إذا كان المستهدف من حديثنا العلماء الذين اتخذوا قاعدتهم للعمل في الجامعات. وهم على ما يبدو العلماء الذين تشير إليهم الأنباء غالبا . فإن الاحتمال الأكبر أنهم سيقولون إنهم ينجزون شيئا اسمه البحوث الأساسية. وإن الأسلوب المعياري لتحديد هذا النشاط هو قولنا إن البحوث الأساسية هي بحوث يجريها العلماء لهدف واحد فقط هو معرفة المزيد عن الطبيعة، ودفع حدود المعرفة إلى نطاق أبعد في مجال المجهول. وميزة هذا التعريف أنه بسيط، بيد أنه يركز على حالة عقل الباحث أكثر مما يركز على البحث ذاته.

كيف ينمو العلم؟

عندمـــا أفكر في البحوث الأساســـية فأنا أوثر التفكير في طريقة نمو واتســـاع نطاق العلم مع الزمـــن. وأتصور هذه العملية وكأنها أشـــبه بنمو الشجرة. إذ تحتل مكان القلب تلك المبادئ الكبرى والأساسية التي تحققت مرات ومرات، والتي لا يتشكك فيها أحد بشكل جاد. ويدخل في هذه الفئة قانون بقاء الطاقة والقوانين الأساسية للكهرباء والمغناطيسية والتطور عن طريـــق الانتخاب الطبيعي. إنها لب فهمنا لعالمنا، وهي الهيكل الأساســـي الذي ينبني عليه بقية العلم. وإن هذه الأفكار – كما سبق أن أوضحت في الفصل الأول – مؤسسة على نحو راسخ صلب بحيث لنا أن نأخذها مأخذ التسليم بكل ما في الكلمة من معنى.

ليـــس معنى هذا أن الأفـــكار المركزية التي تمثل القلب للعلم ليســـت محصنة ضد التغيير. وإنما المعنى أن التغير بالنســـبة إليها يأخذ شـــكل وضع حدود لصوابها، وليس إبدالها بشـــيء جديـــد. ولنأخذ كمثال على هـــذه العملية أثـــر ميلاد النســـبية وميكانيكا الكوانتم فـــي مطلع القرن العشـــرين في إدراكنا لصواب قوانين نيوتن عـــن الحركة. ونذكر أنه في العام 1905 نشـــر شاب باحث في بيرن ورقة بحث شديدة الغرابة. تبدو ورقة البحث ممعنة في أسلوبها الفلسفي، وتكاد لا تتضمن أي إشارة إلى مرجـــع للمعلومات الواردة فيها. وتقترح أن ثمة مبدأ أساســـيا أولَ يحكم حركة العالم. وسمي هذا المبدأ النسبية، ويؤكد أن قوانين الطبيعة واحدة بالنسبة إلى كل المراقبين في الكون بغض النظر عن حالة حركة المراقب. واستهل ألبرت أينشـــتين بهذا البحث ثورة عميقة في أسلوب العلماء في النظر إلى الكون.

ولكـــن من المهم أن ندرك أن نظرية أينشـــتين لـــم تحل محل نظرية نيوتن بـــأي حال من الأحـــوال. إنها فقط حددت معالـــم المنطقة التي تصدق فيهـــا قوانين نيوتن. وحيث إن الدعـــم التجريبي لقوانين نيوتن اشـــتمل على الأجســـام التي تتحرك ببطء، فإن تلـــك القوانين لاتزال صادقة في تطبيقها على هذه الأجســـام. وإن ما أوضحه أينشـــتين هو أننا لا نســـتطيع أن نأخذ قوانين صادقـــة في تطبيقها على منطقة ما .

الأجســـام المتحركة ببطء. ونطبقها تلقائيا على أجسام أخرى. أجسام تتحرك حركة قريبة من سرعة الضوء. وجدير بالإشارة أنني حين أريد توضيح هذه الفكرة لطلابـــي أحدثهم عن خبرة ركوب طائرة في مطار أمريكي. إنك إذ تدخل الطائرة تجد كل من حولك يتحدثون الإنجليزية. ولكن ليس لك أن تفترض أن القاعدة نفسها سوف تصدق حال خروجك مـــن الطائرة. قد تكون الإنجليزيـــة أو ربما لغة أخرى هي لغة الحديث فـــي موقع هبوطك الجديد. كذلك، وعلى المنوال نفســـه، لا يســـعنا أن نفتـــرض أن قوانين نيوتن التي اســـتُقرئت من الأجســـام بطيئة الحركة ســـوف تصدق حين توسع نطاق تطبيقها لتشمل مناطق أخرى غير تلك التي تم التحقق فيها من صدقها.

وليســـمح لـــي القارئ بـــأن أتحدث بلغـــة الأرقام بدلا مـــن أن أخاطر بالسخرية من هذه الفكرة. نعرف أن من أشهر تنبؤات أينشتين (التي أثبتت صدقَها تجارب كثيرة) تفيد بأن الســـاعات المتحركة سوف تبطئ حركتها. هذا كلام معقول، ولكن إذا ما اســـتخدمنا معادلات أينشـــتين لحساب كم وحدة ســـتبطئها أو تتأخرها الســـاعة إذا ما قاد المرء سيارته بسرعة 60 ميلا في الساعة، فسوف نكتشف سريعا أن على المرء أن يستمر في قيادة سيارته مدة أطول من عمر الكون لكي يرى أن ساعته تأخرت ثانية واحدة. ولهذا فإن الســـاعات الذرية هي وحدها القـــادرة على قياس الزمن حتى 13علامة عشـــرية، ولذلك هي التي يمكنها فعليا تمييز الفارق بين وصف كل من نيوتن وأينشـــتين للعالم الظاهر المعياري. وهذا هو السبب في أننا لانزال نستخدم قوانين نيوتن عند تصميم ناطحات السحاب وإرسال سفن المسبار الفضائي إلى الكواكب الخارجية.

وفـــي النهايـــة نجد أن نتيجة أعمال أينشـــتين أننا نـــرى قوانين نيوتن لاتـــزال صائبة فـــي النطاق ذاته الذي تحققت فيـــه وليس خارجه. ونقول من باب التســـجيل إن حجة مناظرة تماما يمكن أن نســـوقها بشأن توسيع نطاق قوانين نيوتن لتشـــتمل على أجســـام في حجـــم الذرات. ونلحظ في هذه الحالة أن القوانين الجديدة تندرج تحت اسم ميكانيكا الكوانتم، التي استحدثت في عشـــرينيات وثلاثينيات القرن العشـــرين. وكما هي الحال

بالنســبة إلى النســبية، فإننا حــين نطبق قوانين ميكانيــكا الكوانتم على أجســام ذات أحجام عادية تتحرك بســرعات عادية، فإننا عمليا نحصل على النتائج نفسها كما لو أننا طبقنا قوانين نيوتن.

معنى هذا أنه في لب الشجرة العلمية توجد القوانين الأساسية الكبرى من مثل قوانين نيوتن ومبدأ النســبية. ومن ثم فإن هدف كل علم هو دفع قوانينه وأفكاره لتستقر داخل تلك الدائرة الآسرة.

وإذا تحركنا بعيدا عــن المبادئ الجوهرية التي تمثل منطقة القلب، دخلنا ما يشبه المنطقة الرمادية، حيث الأفكار لاتزال في دور الاختبار، حيث لاتزال موضوعا لسبر حقيقتها كما يمكن أن يقال. أرى هذه أشبه باللحاء الخارجي للشجر. وإذا تحركنا أبعد من ذلك فسوف نصل إلى منطقة مثيرة حيث النمو عمليــة جارية حيث الأفــكار الجديدة تولد وتذوي وتمــوت في صراع وجود فكري هائل. وأرى هذا أشــبه بمنطقة ما بين القلب واللحاء أو ما تحت لحاء الشجرة، وهو المكان الذي تتم فيه فعليا عملية إنتاج أو نمو الخشب الجديد.

ونقول إن الجانب الأعظم من البحوث الأساســية يتم إلى حد كبير في هــذه المنطقة، حيث تطفر على الســطح ظواهر جديدة كل يوم، ويكون كل ما يظهر عرضة للاقتناص. إنه نطاق مثير للعمل، وليس لنا أن ندهش من أن العلماء يتناقشون بشراسة لاقتناص الأماكن القليلة نسبيا المتاحة هناك علــى الحافة. وهذا هو أيضا المــكان الذي تبدأ منه عمليا جميع القصص التي تحكي أنباء العلم والذي يفضي أحيانا إلى مشــكلات. مثال ذلك إذا كان مصــدر الاتصال الوحيد بالعلم هو مصــادر الأنباء هذه. وهو الموقف الذي تصفه الأغلبية العظمى من أبناء المجتمع. فإننا على الأرجح سيتكون لدينا انطباع بأن المعارف العلمية نتاج لا يعرف الاســتقرار. إذ ما النتيجة الأخــرى التي يمكن أن نخلص إليهــا إذا رأينا نتيجة ما اختصتها العناوين الرئيســية، كحدث مدو اليوم لا لشيء ســوى أنها تناقض نتائج أخرى، ثم نرى العناوين الرئيسية في اليوم التالي تهلل لنتائج أخرى مناقضة؟

جــاء حين من الزمن كانت المهمة الرئيســية للعلم هــي محاولة إقناع طلابه بأن العلماء لا يحيطون بكل شيء علما، وأنه لاتزال هناك مساحات شاسعة من الجهل خارج نطاق ما هو معروف. ولكن بسبب الأنباء الشائعة

تحولــت مهمتنا لتصبح محاولة إقنــاع جيل جديد من الطلاب بأن العلماء يعرفون شــيئا ما. وإذا تأملنا التناظر بين المعرفة العلمية والشجرة النامية نرى أن الجيل الســابق من الطلاب ركز جهده على خشــب القلب الصلب في جذع الشجرة، ولم يكن واعيا بطبقة النسيج الخلوي الواقعة بين اللحاء وخشب الشجرة (الكامبيوم). هذا بينما الطلاب اليوم يظنون أن الكامبيوم هو كل ما هناك ولا شيء غيره.

نتائج البحوث الأساسية

تتمركــز البحوث الأساســية عند حافة الفهم الضبابية وعلى الســطح البيني المتداخل بين المعرفة والجهل. وتماما مثلما كانت حال فاراداي، حيث لــم يكن باســتطاعته التنبؤ بنتائج بحوثه وأثرها فــي الرابطة بين الكهرباء والمغناطيسية، كذلك نجد حال العلماء اليوم إذ نراهم في أغلب الأحيان في حيرةٍ، عاجزين عن أن يقدموا أكثر من تنبؤات شديدة العمومية عن المصير الذي ستفضي إليه أعمالهم. وهكذا فإن إحدى خاصيات البحوث الأساسية هي الصعوبة الأصلية في التنبؤ بالنتائج والآثار المحتملة مسبقا.

ولنأخذ مثالا، مجال فيزياء الجســيمات الأولية التي بدأت بها حياتي العملية. يتخصص هذا المجال في أكثر أنواع البحوث أساســية، ويشــتمل على طبيعة المكونات الأولى للمادة والطاقة. وتكلف البحوث في هذا المجال أموالا طائلة، إذ تستلزم توافر مسرعات ضخمة تصل تكاليفها إلى بلايين الدولارات. واســتطاع اليوم المركز الأوروبي للبحــوث النووية CERN في جنيف أن يستكمل ببراعة آلة تسمى «صادم الهادرون الضخم» (*) Large Hadron Collider (LHC). ويحــدو العلماءَ أمل كبير بفضل هذا الجهاز في التوصل سريعا إلى فهم المكونات الأولية التي تألف منها الكون. ومثلما اســتطاع فاراداي وزملاؤه أن يحققوا اختراقــا بالوصول إلى فهم طبيعة الكهرباء والمغناطيســية، كذلك يأمل العلماء المحدثون في إنجاز فتح علمي بفضل فهم المادة.

(*) عُرفت التجربة باسم اصطدام الهادرون الضخم، وهي محاكاة لـ «الانفجار الأعظم» الذي يعتقد أنه مصدر لنشأة الكون. وفي سبتمبر 2008 واجه الآلة خلل تسبب في تعطيل تشغيلها، واستلزم إصلاحه 14 شهرا، ليتم بعدها إطلاق التجربة بنجاح في 20 نوفمبر 2009. [المحرّرة].

إلى أين سـيقودنا هذا؟ لا سبيل أمامنا على الإطلاق لكي نعرف. بيد أننا نسـتطيع أن نتأمـل ونخمن قليلا. ونحن نعرف من معادلة أينشـتين الشهيرة E=mc2 أن المادة والطاقة مترابطتان، لذلك يمكن أن تكون إحدى نتائج فهمنـا لطبيعة المادة معرفة مصادر جديـدة للطاقة لتكون قوة دفع جديدة للمجتمع. هل بوسعي أن أضمن أن هذا هو ما سوف يحدث؟ طبعا لا. كل ما أسـتطيع أن أقوله إن قانون تريفيل صدق وحقق نتائج دائما في الماضي، لذلك فإن الناس، على مدى قرن من الآن، سينظرون من دون شك إلينـا مثلما نحن ننظر الآن إلى فاراداي ورفاقه وندهش بالتغيرات الهائلة التي أحدثوها في ظروف حياة البشرية.

وليسـمح لي القارئ بأن أعرض مثالا توضيحيا شـخصيا أخيرا عن الطريقة التي غالبا ما يقلل بها المشـتغلون بالبحوث الأساسية من الآثار المحتملة لأعمالهم. أسـعدني الحظ كثيرا إذ كنت طالبا للدراسات العليا في ستانفورد خلال سـتينيات القرن العشرين، وقتما كان آرثر سكاولو، الـذي حاز جائـزة نوبل فيما بعـد، عاكفا على تطوير جهـاز يمثل قمة العصرية اسـمه ليـزر، وذلك في معمـل في الطابق السـفلي في بناية الفيزياء. ويتميز سـكاولو بأنه إنسان ضخم البنية، مرح، يفيض بهجة إذ يتناول الغداء مع طلابه في مكان العمل. وأذكر جلسـة وجه له فيها أحد الحاضرين سؤالا عن جدوى جهازه خارج نطاق البحوث الأساسية. تفكر لحظة ثم أعرب عن اعتقاده أن من المحتمل اسـتخدام الليزر لصنع أداة محسنة لتصويب الأخطاء الواردة في الآلات الكاتبة الكهربائية.

وأريد أن أتدخل هنا وأوضح أن هذا لا يعني أننا لا نسـتطيع اتخاذ قرارات عقلانية بشأن تمويل وإدارة وتوجيه البحث الأساسي. فإن هذا هو ما تفعله دائما وأبدا الوكالات الفدرالية والشـركات الخاصة. إنك إذا أردت معلومة محددة (مثل بعض خصائص إحدي المجرات البعيدة) فإن بالإمكان على الأرجح تصور وسـيلة لذلـك. وجوهر الأمر أننا لا نـكاد نحصل علـى المعلومة حتى نكون في الأغلـب الأعم غير قادرين على تخمين التغيرات التي يمكن أن تفضي إليها هذه المعرفة أخيرا في حياة البشر.

وهكــذا يمكن القول إن البحوث الأساســية تجــري في الأغلب من دون رؤيــة واضحة تتنبأ بالنتائج النهائية التــي يمكن أن تفضي إليها. ونجد من ناحية أخرى أن المبادئ الأساســية الكبرى التي تشكل القلب بالنســبة إلى العلم هي نتائج البحوث الأساســية التي أنجزتها الأجيال الســابقة من العلماء في الماضي. يبــدأ كل منها كومضة مصباح كهربي تومــض في رأس العالم كأنه فكــرة أخرى على حافة المجهول. وطبيعي أن اســتحضار الفكرة من على الحافة إلى مكان القلب هي مهمة أخرى من مهام البحوث الأساســية، وقد تبدو أقل سحرا ولكنها يقينا تعادلها مكانة وشأنا.

أخيــرا فإنه التزاما بالاختبار الدائم أبدا الذي تخضع له بالضرورة الأفــكار العلمية هناك عدد قليــل من العلماء ذوي المكانة والجســارة المشــغولين دائمــا بمحاولة إثبات زيف أو على الأقــل الحد من المبادئ الأساسية الكبرى التي تمثل القلب. ويتصف هذا الإجراء بعامة بأنه عالي المخاطرة عالي الجزاء. ونقول أخيرا إن الأسباب التي من أجلها احتلت هذه المبادئ الأساســية مكان القلب هــي أنها صمدت أمام الاختبارات التي أجرتها أجيال العلماء. ولكن ثمة توقعا دائما باحتمال بيان خطئها في المجالات التي لم يتســن اختبارها فيها. ونذكر كمثال قانونا بعينه. قانون نيوتن عن الجاذبية. ربما اختبر حتى خمس خانات عشرية، ولكن ربمــا يكون هناك جديد في الخانة العشــرية السادســة. وربما اختُبر داخل نطاق المجموعة الشمسية ونطاق المعمل، وليس على نطاق أميال. وأعود لأقول هناك دائما إمكانية لأن يكتشــف شخص ما شيئا جديدا. (تمثل عمليا كل من هاتين الحالتين محاولات إثبات زيف القانون والتي انتهــت بإثبات صدقه، ومن ثم أدت في الواقع إلى ســد الثغرة القائمة في معرفتنا). وجدير بالإشارة أن المبادئ الأساسية الوحيدة التي تحتل القلب ولاتزال تخضع لعمليات اختبار قوية هي تلك التي تشــتمل عليها نظرية أينشتين عن النسبية العامة. وسبب ذلك أن اختبار النظرية يمثل تحديــا تقنيا. ولكن خلال العقود القليلــة الأخيرة فقط تقدمت أدواتنا المستخدمة في البحث بحيث أصبحت بعض الاختبارات ممكنة.

ولنا أن نقول ختاما إن البحوث الأساسية يمكن أن نجدها في جميع ألوان الطيف للنشاط العلمي. إنها مصدر توليد أفكار جديدة عند الحدود الفاصلة، وتختبــر وتتفحص تلك الأفكار على مدى الزمن، وتســتمر في عملية الاختبار حتى لأكثر المبادئ الأساسية قدسية. وبعد أن فرغت من هذا، أكرر أن الأغلبية العظمى من البحوث الأساسية جرت وتمت عند الحدود الفاصلة - أعني حيث يكون الفعل والنشاط العملي فهذا هو المكان الذي تقضي فيه الأغلبية العظمى من البحوث الأساســية وقتها. ويعكف طاقم صغير على عملية تطوير واختبار الأفكار، كما أن بضعة علماء من ذوي القدرة والجسارة يقضون حياتهم العملية بحثا عن ثقوب تشــوب الأفكار موضع التســليم. وإن الخيــوط الممتدة والتي تسري عبر كل هذا العمل هي: (1) نقص في المعارف التفصيلية (وغالبا نقص فــي الاهتمام) عن المصير والنتائج التي ســيفضي إليها هذا العمل في الحياة العملية؛ و(2) رغبة في دفع حدود المعرفة إلى أبعد مما هي عليه بغض النظر عــن الجدوى العملية للنتائج. وهنا يصبح الســؤال مــا يلي: كيف تفضي هذه البحوث إلى النتائج التي تغير العالم والتي كنا نتحدث عنها؟

البحوث التطبيقية: التأهب

تشتمل قوانين الطبيعة على سلسلة طويلة ممتدة من المبادئ الأساسية الكبرى الشاملة المشــتركة بين جميع العلوم وصولا إلى النتائج التفصيلية التــي يمكن أن تنطبق علــى فكرة أو حالة وحيدة فقــط. بيد أن القوانين بذاتها نادرا ما يمكن تطبيقها مباشرة على حاجة بشرية محددة بعينها. إذ يتعين بذل بعض الجهد لنقل شــيء ما من المعمل إلى الموضع المحدد الذي يمكن استخدامه فيه. وهذه هي مهمة البحوث التطبيقية.

وعلى الرغم من أنني ســاهمت في عدد محدود من مشروعات البحث التطبيقــي خلال حياتي العملية، فإنني قــررت الحصول على رؤية مهنية واقعيــة من جيف نيوماير. وهذا إنســان عاش حياة عملية طويلة ومتميزة يدير خلالها البحوث في شــركة كبرى معنية بتكنولوجيا الفضاء. وجيف، بالإضافة إلى أنه صديق العمر، هو أيضا أول طالب أشــرفت عليه لإعداد درجة الدكتوراه في جامعة فرجينيا.

قال جيف: «يوجد أساسا موقفان... ثمة مواقف تكون التكنولوجيا موجودة تعمل والناس لديهم مشكلات يمكن للتكنولوجيا حلها. وهناك مواقف تكون فيها مشكلة محددة بدقة تستلزم حلا تكنولوجيا». ووفق رأي جيف تتألف المهارة الحقيقية في إدارة البحوث من وضع فريقين متمايزين من الناس معا. هناك من ناحية العلماء والمهندسون المعنيون بتطوير تكنولوجيات جديد، وهناك من الناحية الأخرى رجال التسويق والدعاية المعنيون بنجاح مشروع بعينه. ولا غرابة في أن الإفادة بالمبادئ الأساسية الكبرى للعمل في حل مشكلات واقعية عملية تتضمن قدرا من أسلوب الإدارة ومهارة الناس بالقدر نفسه اللازم من الخبرة التكنولوجية.

وطلبت من جيف أن يعطيني مثالا يوضح لي كيف أن حل مشكلة عملية من شأنه أن يقود العلماء إلى التعامل مع القوانين الأساسية للطبيعة. أطرق لحظة يفكر ثم قال «التصغير». إذا تأملت الأجهزة الإلكترونية الحديثة ستدرك أنها أصبحت أصغر فأصغر مع مرور الزمن. إنني حين بدأت استخدام «الكومبيوتر» لأول مرة في المدرسة الابتدائية على سبيل المثال، كانت الأجهزة ماكينات ضخمة الحجم بحيث تشغل غرفا عديدة وتستلزم فريقا صغيرا من المساعدين لصيانتها وتشغيلها. ولكن هذه الأجهزة أودعت المتاحف الآن وكانت قدرتها الحاسوبية أقل من جهاز اللاب توب الذي يزن ثلاثة أرطال وأكتب عليه هذه الكلمات.

أو لنتأمل الهاتف الخليوي. كانت الهواتف الأولى في ثمانينيات القرن العشرين في حجم قوالب الآجر المستخدمة في البناء. وجزء من الاستمتاع بمشاهدة إعادات لبرامج تلفزيونية قديمة هو رؤية الناس يستخدمون هذه الأجهزة الضخمة بأشكالها الفجة. ودخلت هذه الأجهزة نطاق الحنين إلى الماضي وحلت محلها هواتف تتلاءم جيدا مع راحة اليد، علاوة على إمكانية استخدامها لالتقاط صور وربما تحسب قيمة الضرائب على الدخل الخاص بك. ووضحت لي أخيرا عملية التقدم السريعة في تصغير أحجام التكنولوجيا حين وصلتني دعوة بالبريد الإلكتروني (الإيميل) لحضور حفل يحتفي بالثمانينيات ويعرض مشروبا مجانيا لمن يحضر ومعه أحد تلك الأجهزة القديمة.

وليســمح لي القارئ بانعطافة تقنية بســيطة هنــا بغية البحث عن المشــكلات العلمية التي تطرحها عمليــة التصغير. المجال موضع النظر هنا هو ميكانيكا الكوانتم التي هي دراســة ســلوك حركة الجسيم على المســتويين الذري وما دون الذري. وكما ذكرت آنفا تم اســتحداث هذا العلم في عشــرينيات وثلاثينيات القرن العشــرين في صورة تمرين في مجال البحوث الأساســية. ولكن بحلول العام 1947 أسس ثلاثة علماء أول ترانزســتور، وهم والتر براتين وجون باردين ووليام شــوكلي. وهذه هي أداة العمل الأساســية للحواســب الحديثة، بل وجميع الإلكترونيات الحديثــة فــي الحقيقة. واقتســم الثلاثة جائزة نوبل العــام 1956 من أجل هذا الاختراع. وواقع الأمر أن باردين هو الشــخص الوحيد الأحق بجائزتين من جوائز نوبل في الفيزياء (الثانية العام 1972 لاســتحداث نظرية الموصلات الفائقة).

بدأ أول جهاز ترانزستور في شكل فج وفي حجم كرة الجولف. ولكن مع مضي السنين أصبحت أجهزة الترانزستور أصغر فأصغر، بعد أن تحسنت وتقدمت - أكثر فأكثر - قدرة العلماء والمهندسين على تنظيم الذرات التي تصنع منها هذه الأجهزة. وســار التقدم عمليا وفق ما يســمى قانون مور اقتداء بالعالم غوردون مور أحد مؤسســي شركة إنتيل Intel. وينص هذا القانون (الذي يعتمد أكثر على الملاحظة) على أن كل خاصية من خصائص الحواسيب (الحجم والقوة الحاسوبية والذاكرة وغير ذلك) سوف تتحسن خلال 18 شــهرا لتصبح ضعــف حالتها الراهنة. ويبــدو أن هذا القانون صــدق على حجم التجهيزات الإلكترونية إلى حد أن جهاز الحاســوب أو الهاتف الخليوي قد تكون فيه مئات الآلاف من الترانزستورات فوق شريحة بحجم طابع بريد.

بيد أننا إذا التزمنا بقانون مور لنصل إلى نهايته المنطقية فســوف ندرك قبل مضي زمن طويل أن حجم الترانزســتورات سوف ينكمش ويتقلــص لتصبح في حجم الــذرات (وهذا متوقــع أن يحدث عمليا حوالى العام 2020). وواضح أن هذا ســيتحول إلى أزمة من نوع ما، وهي أزمة بــدأت تلوح في مجال العمل لتصغير الأجهزة الإلكترونية.

إذ كمثال ما معنى أن يملك المرء تيارا كهربيا يسري في جهاز له أبعاد الذرة بينما أبعاد جسـيمات التيار هي نفسها مثل أبعاد السلك الذي يسري فيه التيار؟

ولكي نفهم هذه المشـكلة من وجهة نظر العالم دعنا نفكر في شـيء مادي عادي في حياتنا، وليكن الورقة التي نطالعها الآن. إن جميع ذرات الورقة محاطة عمليا بذرات أخرى. وتوجد فقط نسبة مئوية ضئيلة جدا عند حافة الورقة. لقد تمت دراسـة جيدة لسلوك الذرة المحاطة بذرات أخـرى وهي جزء من المتاع العلمـي لميكانيكا الكوانتـم. ولكن حيث إن مكونات الأجهزة الإلكترونية يصغر حجمها باطراد لتكون أصغر وأصغر، فإن النسـبة المئوية من الذرات عند الحافة سـتبدأ في الزيادة، ونلحظ فـي الحقيقة أننا باقترابنا من الحد الـذي يبينه قانون مور، فإن جميع الذرات سـتكون قـرب الحافة، ومن ثم يتوقف تطبيـق النتائج المعيارية لميكانيكا الكوانتم.

معنى هذا أن العلماء عليهم أن يشـرعوا في استكشـاف نظام جديد، نظام يشـتمل على منظومات تتألف من أعداد صغيـرة من الذرات. وإذا كان بعـض هذا العمل يدخل بوضوح تحت عنوان البحوث الأساسـية فإن قدرا كبيرا لا يندرج تحت هذا العنوان. وإن من الأهمية بمكان أن نفهم أن هـذا النوع من البحوث ليس هو النـوع الذي قاد الباحثين أولا إلى قوانين ميكانيكا الكوانتـم. إذ إن تلك القوانين تصدق على منظومات فيها أعداد صغيرة من الذرات وكذا على منظومات فيها عدد كبير واسـتقاها العلماء عند البحث عن قوانين تحكم سـلوك المادة في كل حالاتها. وتتمثل المشكلة فـي أن نأخذ تلك القوانـين (وحري أن نتذكر أنها نتاج بحوث أساسـية) ونطبقها في مجال لم يسـبق للإنسان أن فكر فيه. أعني مجال منظومات تشتمل على ذرات قليلة فقط.

وكما هي الحال في أي نشـاط بشـري نجد أحيانا أن من الصعب رسـم حد فاصل بشكل صارم بين البحث التطبيقي والبحث الأساسي. ولكن في هذه الحالـة التي نحن بصددها إذا تضمن البحث النظر في مـواد وأجهزة بعينها داخل معمل صناعـي، وإذا كان الباحثون مهتمين

بحل مشكلة بعينها وليس اكتشاف قوانين عامة، فإننا هنا نكون في وضع آمن تماما حين نصنف هذا العمل باعتباره بحثا تطبيقيا. وأحسب أننا في مكان ما من هذه العملية يمكننا التحدث عن التحول من العلم إلى التكنولوجيا.

وطبيعي أنه لا يكاد العلماء والمهندسون التطبيقيون ينجحون في حل المشكلات التقنية الفاصلة بينهم وبين هدفهم المنشود حتى تبدأ نتائجهم في التحول إلى جهاز نافع وعملي. وهذه الخطوة الختامية في سلسلة البحث نسميها التطوير.

التطوير: العائد

أول شيء ندركه بشأن مرحلة التطوير لأي مشروع هو أن المعايير غير العلمية تبدأ هنا ولأول مرة في أن يكون لها دور مهيمن. إن العلماء والمهندسين يمكن أن يطوروا سبيكة مدهشة لصناعة هيكل سيارة، ولكن إذا كان استخدام هذه السبيكة من شأنه أن يضاعف سعر السيارة، فإن الاحتمال الأكبر أن السيارة لن تجد سوقا واسعة للاستخدام. معنى هذا أن العامل غير العلمي وهو هنا التكلفة أصبح له دور. وتوجد معايير أخرى مماثلة: الكفاءة والحجم والوزن (لنتذكر هنا المركبة الفضائية) والمتانة والتحمل. ووظيفة التطوير (ويسمى أحيانا البحوث والتطوير R&D) هي استبيان أن التطبيق النهائي لنتائج المبادئ العلمية يتمثل في منتج يؤدي الوظيفة التي يتوقعها الناس.

وحين أردت أن أستشعر كيف يعمل هذا النوع من التكنولوجيا توجهت بالحديث إلى روبرت بلونسكي مدير شركة فيرو كوربوريشن. وهذه الشركة مورد كبير لأنواع خاصة من الكيماويات اللازمة للصناعة. وعلاوة على أن بوب صهري، فإنه أيضا حول رسالته لينال درجة الدكتوراه من دكتوراه في علم المواد إلى مهنة متميزة في التطوير، وهي مهنة تشتمل على الأقل على عشر براءات اختراع. وجدير بالذكر أن بوب، وهو رجل ضخم جاد، لا يحب شيئا أكثر من أن يسترخي في جلسته ويرشف بعضا من جعته ويطيل الحديث عن الأصباغ.

الأصباغ؟

نعم الأصباغ. قد يبدو للوهلة الأولى أشبه بحديث غريب في كتاب عن العلـم. بيد أنني أدعوك لكي تتطلع حواليك. كم عدد الأشـياء التي تراها حولك بألوانها الطبيعية؟ الاحتمال الأكبر أن الأغلبية العظمى من الأشياء التي يقع عليها بصرك مصبوغة أو مدهونة أو ملونة بشكل أو بآخر. معنى هذا أنها جميعا عولجت بالأصبـاغ. أصبح اللون عاملا غاية في الأهمية في حياتنا. ونعرف أن البشـر تطوروا كرئيسـات، وهو ما يعني أن الرؤية البصرية تمثل الأساس. وهذا هو السبب في أننا نقول «أنا أرى» حين نريد أن نقول: «أنا أفهم». ونحن البشـر استخدمنا منذ زمن إنسان النياندرتال عمليات تلوين اصطناعية لتزيين أنفسنا والأماكن المحيطة بنا.

ولكن ثمة مسـافة طويلة جدا فاصلة بين تلك الرسوم الزيتية البدائية غير المتقنة وبين الأصباغ الحديثة. تطورت الأصباغ من أجل اسـتعمالات كثيرة، وليس اسـتخدامها للزينة غير اسـتعمال واحد. مثال ذلك أن المرء حين يدهن بيته ينتقي لونا يكسب البيت جمالا، ولكنه يتوقع أيضا أن يؤدي الدهان إلـى حماية البيت من الطقس. ويتوقع كذلـك أن يلتصق الدهان جيدا بالجدران الخارجية. إذ لا يريد له أن يتقشـر خلال بضعة أسابيع. وهكـذا ينتقل المرء سـريعا من الحكـم على الدهان من حيـث اللون إلى الحكـم عليه من حيث خصائص أخـرى. التحمل والبقاء والثبات في هذه الحالة. ولنفرض أنك تريد أن يلتحم الدهان بجسـم طائرة حال اختراقها حاجـز الصوت. أو لنفترض أنك تريد دهانا يخفي الطائرة ولا يكتشـفها رادار الأعداء. أو تريد لونا عميقا من نوع الألوان التي نراها في السيارات الحديثـة. واضح أننا لن نحصل على هذه الأنواع من الدهانات عن طريق طحن بذور وثمار ملونة. وهاهنا يبدأ دور عملية الاستحداث والتطوير.

وحين سألت بوب عن حال التطوير وكيف يتم هذه الأيام، كان رد فعله مهما للغاية. قال: «تغيرت الأمور على مدى السـنوات الثلاثين الأخيرة». واستطرد موضحا كيف أن أغلبية الشـركات الكبرى هـذه الأيام لا تتولى إنجاز بحوثها الأساسـية اللازمة لها: «إذ في الأيام السـابقة كانت الشركات الكبرى لديها معامل بحوث تشـبه تلك التي في الجامعات. ولكن اليوم كل شـيء يبدأ وفقا

لاحتياجات السـوق. وإن إدارات البحوث والتطوير أضحت بشـكل أساسـي إدارات لامركزيـة، واندمج التكنولوجيون في فرق تطوير الإنتاج». حقا إن هذه الفرق في بعض الشـركات تضم اقتصاديين وظيفتهم توقع احتياجات السوق مسـتقبلا. ويوضـح بوب أن هذا النظام الذي يبدو غريبـا تماما على العلماء الأكاديميين أثبت نجاحا هائلا وأنتج كل أنواع ما يسميه «الحشو». أجهزة تلفاز بلازما، وهواتف خليوية، وجميع تجهيزات ومستلزمات الحياة الحديثة.

ولكن أليس التركيز على تطوير المنتج يمنع الشركات من التخطيط على المدى الطويل؟

أجاب بلونسـكي: «توجد ثلاثة مسـتويات للتخطيط. أفق (1) ويتعلق بالأشـياء المطلوبة الآن. أفق (2) يتعلق بالأشـياء التي سـنحتاج إليها في خـلال العامين أو الأعـوام الثلاثة المقبلة، وأفـق (3) ويتعلق باحتياجات من 3 إلى 5 سـنوات. ويلاحظ أن شركات قليلة جدا هي التي تضع خطة جادة تتجاوز سـبع سـنوات. ونرى أساسـا أنه إذا ما ظهـرت تكنولوجيا جديدة وقررنا أننا في حاجة إليها، فإن في استطاعتنا إما أن نحصل على ترخيص بإنتاجها أو أن نشتري الشركة المالكة لها مباشرة».

نقول بعبارة أخرى، يبدو أن قسما للعمل نشأ وكبر في عالم التطوير. إن الأفـكار الجديدة وكذا التكنولوجيات الجديدة. وهي في الحقيقة الطرف النهائي لعملية البحوث التطبيقية وجوهر التطوير. تحققها في الأسـاس شـركات صغيرة ناشـئة، وغالبا مـا تنبثق عن بحـوث جامعية. وتفحص الشركات الكبرى هذه التقنيات وتمتلكها وفق حاجتها لإنتاج سلع بعينها.

واسـتنكر العلماء الأكاديميون منذ زمن طويل انصراف الشركات الكبرى عن مهمة البحث، ولكن يبدو أن النظام المعمول به يمضي بنجاح. إن الشـيء اليقينـي هو أننا لا نعاني ندرة في الأفكار الجيدة. وأوضح بلونسـكي أنه مع صبـاح كل يوم من أيام الثلاثاء ينشـر مكتب براءات الاختـراع في الولايات المتحـدة نحـو 3500 براءة اختراع جديدة. وينشـر بالإضافـة إلى ذلك كل خميـس أكثر من 6000 طلب للحصول على بـراءات اختراع. وقال مداعبا: «علـيَّ أن أصحو مبكرا في الصباح حتى أحصل علـى مكان لي في الطابور قبل أن يشتد الزحام».

علاوة على هذا غالبا ما تمتلك الشـــركات الكبرى رأس المال والخبرة اللازمين لإنتاج وإنجاز أفكار جديدة. مثال ذلك أنه بعد أن طورت شركة فيــرو تقنية لإنتاج أنواع جيدة من مســاحيق الطــلاء أدرك علماؤها أن هذه التقنيات نفســها يمكن استخدامها لإنتاج أنواع جديدة من المنتجات الصيدلانية. ونتيجة لذلك اشــترت الشــركة مؤسســة صناعية صغيرة لصناعــة المســتحضرات الدوائيــة وحققت نقلة كبرى فــي مجال عمل جديد. وقال بوب: «الســر الأهم هو أن تدعم بقــوة تكنولوجيتك بحيث تتابع حاجات السوق».

وحيــث إننا في عالم يعتمد كثيرا جدا على تطوير تكنولوجيات جديدة للنمو الاقتصادي، لذلك فإن قســم اســتراتيجية العمــل الذي عرضنا له سابقا يعمل كما يبدو لنا وفق الهدف المرسوم له: الحفاظ على خط أنابيب الإنتاج ملآنا. وطبيعي أنه هاهنا تقدم أخيرا البحوث الأساسية والتطبيقية العائد الذي يتوقعه أغلبية الناس من العلم.

مانعة الصواعق: تاريخ حالة

إحــدى المزايــا العظيمة لتأمل الأمثلة التاريخية هــي أننا نعرف، عند اســترجاع الأمر، جميع الإجابات الصواب. وهذه ميزة لا يحظى بها ممثلو الدراما في الواقع العملي. لذلك فإنني ابتغاء توضيح خط أنابيب البحوث العظيم الذي يفيض من البحوث الأساسية إلى البحوث التطبيقية ثم منها إلى تطوير المنتجات، ســوف أتخذ مثالا من أقدم الأمثلة من حيث تشغيله والإفادة به. أعني هنا اســتحداث وتطور مانعــة الصواعق. ويحظى هذا المثال بميزة إضافية هي أن جميع الخطوات الحاســمة في عملية التطوير اتخذها الشخص نفسه، وهو بنيامين فرانكلين.

اعتاد فرانكلين، شأن كثيرين من أبناء عصره، التنقل في مناطق عديدة ومختلفة. واشــتهر بطبيعة الحــال نظرا إلى دوره في تأســيس الولايات المتحــدة. ولكنه مثل صديقه الأصغر توماس جيفرســون له بدايات كثيرة جدا ارتبطت باســمه حتى أننا اليوم ونحن نعيــش في عصر أكثر تعقدا، لا يســعنا إلا أن نبدي إعجابنا باتســاع نطاق مســاهماته. لقد أسس أول

مكتبة عامة على أســاس الاشتراك؛ وأول شركة للإطفاء، وأيضا الجمعية الفلســفية الأمريكية وهي أول جمعية علمية في العالم الجديد. حقق هذا كلــه بعد أن فرغ من بناء مشــروع أعمال ناجح لحياتــه العملية كصاحب مؤسســة طباعة. وكان مخترعا موهوبا وعمل بإصــلاح الأجهزة المنزلية، وأنتــج كلا من العدســات ثنائية البؤرة وموقد فرانكلــين علاوة على كثير جدا من الاختراعات الأقل شــهرة من بينها، ولك أن تصدق أو لا تصدق، زعانف السباحة.

وفي أواخر أربعينيات القرن أصبح فرانكلين رجل أعمال راســخ القدمــين، ولديه وقت فــراغ ليحول اهتمامه إلــى العلم. حدث هذا في الوقت الذي بدأ فيه تطبيــق المنهج العلمي على ظاهرة الكهرباء (واشــتهر المشــتغلون بهذا البحث باســم «الكهربائيين» على ســبيل الدعايــة). وأثار اهتمام فرانكلين بالموضوع اســتماعه لحديث قدمه محاضر بريطاني. وحدث أن أهدى البعض مكتبته بعضا من الأجهزة الكهربائيــة، ومن ثم بدأ في العمل على تحســينها. وكانت الوســيلة الوحيــدة وقتذاك لتوليد شــحنة كهربية هي حــك مادتين إحداهما بالأخرى، أساســا قطعة زجاج مع نوع من الجلد أو القماش. وأنشــأ فرانكلين جهازا فيه أسطوانة زجاجية ضخمة تدور وتحتك بقطع من نسيج صوفي. واســتطاع هذا الجهاز توليد شحنة ضخمة مصحوبة بشرارات كثيرة مثيرة عند تفريغها.

ويمكن ربط هذا بخبرة شــائعة. هل حدث أن مشيت فوق سجادة كثة ســميكة في يوم جاف، وحين لمست مقبض الباب أحسست بشرارة صغيرة تقفز من يدك إلى ناحية الباب؟ هذا تصوير مصغر لنوع الشــيء الذي رآه فرانكلين وغيره من «الكهربائيين» في أجهزتهم. أدرك فرانكلين أن الشرارة وما يصحبها من فرقعة مســموعة هي شــيء مماثل للبرق، حيث الشرارة تؤدي دور صاعقة البرق والفرقعة تناظر الرعد.

حتــى هــذه اللحظــة كان فرانكلين مشــغولا بالبحث الأساســي. ما خصائص التفريــغ الكهربي، وهل يرتبط بالبــرق؟ ونذكر تجربة الطائرة الورقيــة الشــهيرة عندما اعتاد هو وابنه قذف طائــرة ورقية للتحليق في

الهـــواء في أثناء عاصفة رعدية، ولاحظا شـــرارات تقفـــز من مفتاح عند الطـــرف النهائي لحبـــل. وكانت هذه محاولة للتحقـــق تجريبيا من تطابق البرق والكهرباء وأنهما شيء واحد.

ولكي نفهم ما حدث بعد ذلك علينا أن نعرف شـــيئا عن أخطار البرق في المدن المتنامية في القرن الثامن عشر. إذ كانت صواعق البرق وقتذاك مصدر حرائق مدمرة، خصوصا في أمريكا حيث الأبنية أغلبها من الخشب. لم يكن مفهوما آنذاك ســـبب البرق، وظن الناس أنها أفعال من إرادة الرب بكل ما تعنيه هذه الكلمة.

وأدى الجهل أو عدم المعرفة إلى نشـــأة كل أنواع الأساطير، وكان لبعضها عواقب مهلكة. مثال ذلك أنه في العام 1767 قررت ســـلطات فينيســـيا «أن من الفسق ادعاء أن الرب سيسمح للبرق بأن يصعق إحدى الكنائس»، ولذلك عمدوا إلى تخزين البـــارود في قبة إحدى الكنائس. وحدث أن ضرب البرق برج الكنيســـة (وهو هدف مغرٍ من دون منازع) وأدى الانفجار الذي وقع إلى قتل آلاف البشر ومحا من فوق الأرض ضاحية بأكملها من ضواحي المدينة.

ونعرف أن الاعتقاد بأن الكنائس محصنة ضد البرق كان شـــائعا على نطاق واسع حتى أنه ساد الظن في فرنسا أن أفضل وسيلة لتجنب صواعق البرق أن يصعد شخص إلى برج الكنيسة ويدق الأجراس. ونذكر للحقيقة أن بعض الأجراس منقوش عليها عبارة Fulgura Frango (أنا أبدد البرق). ولا حاجـــة بنا إلى القول إن هذا الاعتقاد تســـبب في مصرع كثيرين ممن صعـــدوا لـــدق الأجراس. وكم هو عســـير أن نتخيل مكانا أســـوأ من برج الكنيسة حال صاعقة برقية.

اكتســـب فرانكلين حتى هذه اللحظة فهما واضحـــا لطبيعة الكهرباء، وأصبـــح واعيا بحاجة المجتمع الملحة للحماية من صواعق البرق. ونجد أن ما تلا هذا تقدم ســـريع على طريق البحث التطبيقـــي والتطوير من أجل إنتاج مانعة الصواعق.

أول ســـؤال علينا أن نســـأله في هذا الموقف سؤال بســـيط: إذا كانت صاعقـــة البرق حقيقة فيضا من شـــحنة كهربائية، إذن كيف يمكن تجنبها وتحويلها بعيدا عن المباني؟ يســـتلزم هذا بعضا من البحوث لدراسة المواد

الملائمة لحمل تيارات كهربائية كبيرة. اســتقر رأي فرانكلين ســريعا على مادة الحديد، فهي مادة رخيصة ومتوافرة بكثرة. وطبيعي أن اكتشاف هذه المادة مثال على البحث التطبيقي.

حدد فرانكلين الآن، عن يقين، المبدأ الأساســي لمانعة الصواعق: يمكن حــرف اتجاه صاعقــة البرق بحيث تتجــه إلى الأرض عــن طريق قطعة معدنية. ومن ثم فإن القضيب المعدني يوفر مسارا سهلا تمر عبره الشحنة الكهربية التي تكونت في الســحابة الرعدية، وتصل إلى الأرض. واســتقر على استخدام الحديد في جهازه. والسؤال الثاني (مرحلة التطوير) يتضمن الاهتداء إلى أفضل تنظيم يجعل الجهاز يعمل بنجاح. واستقر فرانكلين في النهاية على تصميم يشــتمل علــى قطعة حادة من النحاس الأصفر يجري تركيبها عند رأس القضيب الحديدي. وإليك كلماته بنصها:

> **من نعم الرب على البشـرية أن يكشف لهم سبل الأمان لمساكنهم وغيـر ذلـك مـن المبانـي، حتـى يؤمنهـم مـن كـوارث الرعـد والبرق. والطريقـة كما يلي: هات قضيبا حديديا صغيرا... طوله كذا، ويكون أحـد طرفيه ثلاث أو أربـع أقدام في أرض رطبة والطرف الآخر يمكن أن يكـون سـت أو ثمانـي أقدام فـوق أعلى جزء في البنايـة. وثبت في الطرف العلوي من القضيب سـلكا من النحاس الأصفر بحجم إبرة الحياكـة العادية بعد شـحذها ليكون لها رأس مسـنن... البيت الذي يتم تجهيزه بهذا الجهاز لن يدمره البرق** [(1)].

ولم يكد فرانكلين يفرغ من اقتراحه حتى وجد أنه لم يبق أمامه ســوى إنجاز بعض التطوير. مثال ذلك أن أثير في لندن سؤال عما إذا كان الأفضل اســتخدام سلك مســنن أم ســلك غير حاد. (معروف لنا الآن أن السلك المسنن الحاد هو الأفضل). وأثيرت قضايا حول كم عدد القضبان اللازمة لحماية مبان ضخمة وأفضل الطرق لتنظيم وصف مانعات الصواعق فوق السفن وغير ذلك.

ولكن ما هو أهم من التطويرات التقنية طرق استجابة الأقطار المختلفة إزاء ابتكار فرانكلين الجديد. مثال ذلك أن بلدانا مثل إيطاليا تبنت الاختراع فورا، بينما بلدان أخرى مثل إنجلترا كانت اســتجابتها أبطأ، وبلدان ثالثة

مثل فرنسا قاومته. وأرى أن أسباب المقاومة شيء مثير للاهتمام، ذلك لأنني أراها صورة أخرى سابقة للاستجابات الحالية إزاء تكنولوجيات جديدة مثل الاستنساخ والهندسة الوراثية.

تركزت طائفة من الحجج على السؤال عما إذا كانت مانعات الصواعق تجعل الأمور حقا أسوأ منها لو كان الأمر غير ذلك. واقترح بعض العلماء الإنجليز كمثال أن القضيب يتسبب عمليا في أن صاعقة البرق تتشكل في مواقف ما كان لها أن تتشكل لو لم يكن القضيب موجودا. وصيغت في هذا الأسلوب نفسه بعض الحجج عن السلك المسنن بدلا من السلك غير المسنن (ويمكن القول إننا اليوم نجد في هذه الحجة قدرا من الصدق، بمعنى أن صاعقة البرق تتجه نحو القضيب، ولكن في حال عدم وجود القضيب فإنها ستضرب في مكان آخر).

وقدم بعض رجال فقه الإلهيات حجة أعمق تقول إن فرانكلين إذ يحرف اتجاه صاعقة البرق إنما يعترض عمليا على إرادة الرب. ويرون أن ابتكار فرانكلين أبعد من أن يكون نعمة من الرب إلى البشرية، بل هو كبيرة من الكبائر. ودأبوا على تقديم هذه الحجة مرات ومرات مع حركة تقدم العلم، مثال ذلك اعتراضهم بهذه الحجة نفسها على تقوية المناعة بالأمصال. وحيث إننا الآن نعيش في عصر يواجه العلماء فيه مثل هذا الاتهام وأنهم يحولون دون مشيئة الرب مع اطراد تطويرهم للتكنولوجيا الحيوية، فإننا لا نشعر بالقلق، إذ ندرك أن هذا رد فعل قديم ومحترم إزاء التغيرات التي تطرأ على أسلوبنا في التعامل مع العالم.

توجيه مسار خط الأنابيب

لا نكاد نفهم العملية التي يتم بها تحول الأفكار العلمية إلى منافع ملموسة حتى يكون من الطبيعي لنا أن نسأل عما إذا كان بالإمكان توجيه مسار خط الأنابيب لإنتاج منتجات مرغوب فيها. مثال ذلك كم مرة سمعت شخصا ما يقول: «آه لو كان في مقدورنا الصعود إلى القمر، لماذا لا نستطيع...؟» ويبين بعد ذلك أن الإجابة عن هذا السؤال رهن المرحلة التي يمر بها خط أنابيب البحوث أثناء حديثك.

ولكــن قبل دخولي في هذا النقاش أريد أن أعلن إنكارا تاريخيا. إن ما عرضتــه في صورة خط أنابيب بحــوث، أي الحركة المنتظمة من البحوث التطويريــة الأساســية ومنها إلى التطبيقية، هي صــورة مثالية. إنها مثل المنهج العلمي الذي ناقشــته في الفصل الأول، تعرض تبســيطا لما هو في الواقع العملي عملية مركبة. يحدث أحيانا أن تظهر أولا عملية استحداث وتطويــر التكنولوجيا لتتبعها بعد ذلك محاولة فهم أعمق. وخير مثال هنا القاطــرة البخارية، إذ تصور هذا الوضع المعكوس. بيد أن إحساســي أن الأرجح اليوم أن تندفع النتائج الجديدة من خلال قناة البحوث الأساســية أكثــر من أن تبدأ حركتهــا من التكنولوجيا، وبذا تســير وفق خط أنابيب البحوث الذي حددت مساره.

ويكون توجيه مســار جهود البحث يسيرا إلى حد كبير حين نكون عند الطرف النهائي لخط الأنابيب، حيث مشــروعات الأعمال التي نستخدم فيهــا نتائج البحوث الأساســية والتطبيقية لتطوير منتــج أو جهاز نافع. مثال ذلك إذا كان لديك ويدجيت widget (شــريحة شفرات محمولة)، مســتدير وتريد إنتاج آخر مربع، فإن الاحتمالات القائمة أنك تســتطيع إنجــاز ذلك إذا توافــر لديك القدر الــلازم من المــال والعمالة اللازمة. والمعروف أن ملايين المنتجات ابتــداء من الطائرات حتى أدوات التجميل يتم ابتكارها سنويا بهذه الطريقة تحديدا. أو لنقل بعبارة أخرى نحن عند هذا الطرف النهائي لخط الأنابيب يتهيأ لنا مســتوى رفيع من الســيطرة على ما نزمع إنتاجه.

وإذا ما تحركنا صاعدين إلى مجال البحوث التطبيقية، فســيصبح الموقــف أقل يقينا بقدر محدود. ولنــا أن نأخذ مثالا من برنامج أبوللو الذي وضع أول إنســان على القمر. نذكر أنه حين أعلن الرئيس كنيدي عن هــذا البرنامج كنا قد أنجزنــا كثيرا جدا من البحوث الأساســية اللازمــة لاســتكمال المهمة. ولكــن كان لايزال متبقيــا عدد ضخم من موضوعات البحث التطبيقي التي يلــزم الانتهاء منها ابتداء من تطوير مواد مقاومة للحرارة، وحتى الدرع الواقية لسفينة الفضاء حال عودتها ودخولهــا ثانية إلى الغلاف الجوي، ووصــولا إلى إنتاج مركزات أغذية

تكفــل غذاء جيدا لرواد الفضاء في أثناء الرحلة. وواضح أن كل واحدة مــن هذه في حاجة إلى برنامــج بحث تطبيقي خاص بها، وقد نجح كل منها في نهاية الأمر.

وجديــر بالذكــر أن إحدى النتائج غيــر المتوقعة لبرنامــج أبوللو هي ضخامة عدد المنتجات العرضية التي لم تكن في الحسبان وأمكن إنتاجها. وتوافرت بــين أيدينا جميع المنتجات اللازمة لبرنامــج الفضاء ابتداء من عصير البرتقال المركز أو البلاســتيك اللازم للعجلات المستخدمة في جر أمتعتنا أو النصال ذات الأســطوانات الدوارة. وكثيرا ما يســتخدم أنصار العلم هــذا المثال للدلالة على العائد الذي يتحقــق بفضل البحوث، وذلك عند المحاجاة والدفع بضرورة زيادة التمويل اللازم للبحث العلمي.

ونلحــظ في الحقيقة أن هــذه الحجة تمثل عمليــا مصدرا لاختلاف الرأي بيني وبين جيف نيوماير. وكثيرا ما نتنازع الرأي عما إذا كانت أمثلة المنتجات العرضية جديرة بأن نســتخدمها لتبرير تمويل البحوث. وتتمثل وجهة نظر جيف في أننا إذا أردنا إنتاج عصير برتقال مركز، فنحن لســنا في حاجة إلى إنشــاء سفن فضاء. إذ نقنع بإنتاج وتطوير العصير. بيد أن حجتــي أننــا لا ندرك حقيقة أننا في حاجة إلى المنتــج إلا بعد أن ننتجه. مثال ذلك أنني أشــك فيما إذا كان برنامج التطوير للأمتعة اســتلزم إنتاج المادة اللازمة لصناعة العجلات الأســطوانية. وهذه واحدة من المشكلات التي يمكن أن تثار بين أصحاب التفكير المنطقي ويختلفون بشــأنها. وعلى أي حــال فإن القارئ أصبح علــى علم بوجهتي النظر في المحاجاة، وله أن يفكر هو ويحدد رأيه.

ولكن الــذي لا ريب فيه أننا حــين ننتقل من البحــوث التطبيقية إلى الأساســية، فإن قدرتنا علــى التنبؤ والتحكم في المســار والمصير اللذين ســتقودنا إليهما البحوث ســوف تنخفــض كثيرا. وواقع الحــال أن هذا الانخفاض مثير جدا حتى أنه كان باستطاعتي أن أستخدمه كخاصية من بين الخصائص المميزة للبحث الأساسي. وأذكر مثالا آخر للانهيار المفاجئ لبرنامــج حكومــي يوضح لنا هذه الفكرة، وأقصــد به الحرب ضد مرض السرطان. وإذا كان برنامج أبوللو يوضح كيف أن التدفق الكثيف للمال كان

عامل نجاح لإنجاز برنامج البحث التطبيقي، فإن مثال الحرب ضد مرض السرطان (الذي استهله الرئيس نيكسون 1971) يوضح كيف أنه من غير السليم ولا الملائم أن نحاول عمل الشيء نفسه في البحث الأساسي.

ويستخدم مصطلح «السرطان» لتصنيف مجموعة من الأمراض تتصل بخاصية النمو غير المحكوم للخلايا. ونحن لكي نفهم هذا المرض ونسيطر عليـه يلزم أن نفهم قـدرا كبيرا غير متاح الآن من المعارف عن كيفية عمل الخلايا، وقدرا أكثر يقينا مما كنا نعرف العام 1971. واستهدف البرنامج من وجهة النظر السياسـية استئصال شـأفة المرض. وشاركت آنذاك في البحـوث التجريبية على السـرطان، ولم يكن هناك مـن بين العلماء، كما عرفت، من يؤمن بإمكانية تحقيق هذا الهدف. إننا ببسـاطة لم تكن لدينا معرفة كافية عن نظام وطريقة عمل الخلايا. على أي حال كانت هذه هي الحال قبل ربع قرن من بدء مشروع الجينوم البشري.

وطبيعي أن الحرب ضد مرض السرطان لم تحقق أي نتائج مهمة على نحو ما شـاهدنا فـي برنامج أبوللو، وذلك لأن إنجـاز هذه الأهداف كان يسـتلزم تحقيق تقدم كبير ومهم في المعارف الأساسية. وليس معنى هذا أن المشـروع أخفق، إذ إننا خلال هذه السنوات اكتسبنا مزيدا من المعرفة، وإني أرى أن مجال علاج السـرطان يقف الآن على شفا إنجاز مهم ومثير خـلال العقد المقبل. ولكن الحرب توضح مدى الصعوبة التي تنطوي عليها محاولتنا لتوجيه مسار تدفق البحوث الأساسية.

ونلحـظ أن الدوائـر الأكاديمية تعرض أحيانا هذه القسـمة المميزة للبحوث الأساسـية كنـوع من النقد المبالغ فيه للمجتمـع العلمي. إذ من المفترض أننا، بشكل ما، ندرك أن بحثنا العلمي سيفضي إلى غاية شريرة (هي عادة تطوير الأسـلحة)، ومن ثم علينا أن ننأى بأنفسـنا عن ذلك. وإنـي أواجه عديدا مـن الصعوبات إزاء هذا النوع مـن الحجج. أولا لا يسـعني أن أرى خطأ في عملية تحسين الدفاع الوطني عن طريق العمل في مجال الأسـلحة. وأذكـر للحقيقة أنه خلال فتـرة عملي عملت في عـدد من مجالات البحث المحظـورة على غير العاملـين فيها. ولكن ما هـو أهـم، حتى إن رأيت أن تطوير الأسـلحة خطأ، أن ليس من سـبيل

للتنبؤ قبل أن يصبح العمل حقيقة واقعة، كيف سـيتطور جزء من البحث الأساسي خلال حركته عبر خط الإنتاج وصولا إلى مرحلة المنتج النهائي. واسـتجابة لأخلاقيات زملائي الأكاديميين المتشددة سيكون لزاما علينا التوقف عن إجراء البحوث تماما، وهو ما يعني التخلي عن كل خير يمكن أن يترتـب عليها. وأقول ما قالـه صديقي جوليان نوبـل عالم الفيزياء النووية بجامعة فرجينيا: «ليس الانسحاب حلا لمشكلة البحوث بأكثر من كونه حلا لمشكلة السكان».

صفـوة القول أن النواتج المحتملة للبحث تصبح معروفة لنا أكثر فأكثر مع حركتنا عبر خط الأنابيب من البحوث الأساسـية إلى التطوير. ونحن لكي نضمن أن خط الأنابيب مسـتمر في تقديم الناتج اللازم لدفع حركة المجتمـع، نكون بحاجة إلى الحفاظ على جميع أجزائه سـليمة. وأذكر أنه حين يسألني البعض لماذا يتعين على الجمهور دعم بعض البحوث الأساسية التـي تبدو غير واضحة الهدف، فإنني دائما أسـتخدم في الإجابة صورة سباق الخيل للمناظرة. البحوث الأساسية مثلها مثل حصان حقق لنا كسبا هائلا كلما راهنـا عليه في الماضي. وعلى الرغم من أن هذا لا يضمن لنا أنه سـيفعل ذلك في المسـتقبل، فإن المراهن سيكون أحمق لو راهن ضده في الجولة التالية.

8

النضال التاريخي
من أجل تعليم العلم

عندما تستغرقنا مشكلة معاصرة تحدونا دائما غواية الظن أننا نحن ورفاقنا أول من صادف مثل هذه المشكلة. وتقديري في الواقع أنه لا توجد مشكلة تقريبا، خصوصا مشكلة تتعلق بالتعليم، لم تطل برأسها في وقت ما من الزمان الماضي، ولم يتلمس لها الباحثون أو المعلمون حلا بصورة أو بأخرى. وهذا صحيح يقينا بالنسبة إلى المشكلات ذات الصلة بتعليم العلم. أود في هذا الفصل أن أتحدث عن أسلوب الباحثين والمعلمين في الماضي عند التفكير في هذه القضية، وذلك لسبب بسيط، وهو أن كثيرا من الأفكار الجديدة في مجال تعليم العلم

«إن فكرة أن هناك قذيفة سحرية اسمها المنهج العلمي من شأنها، على نحو إعجازي، أن تحوّل كل طالب إلى إنسان منطقي يأخذ بالأسباب العقلانية لم تكن يقينا وليدة الخبرة»

المؤلف

لهـــا عمليا تاريخ طويـــل، وطبيعي أن معرفتنا بتاريـــخ هذه الأفكار من شـــأنها في الأغلب الأعم أن تهيئ لنا منظورا يفيدنا كثيرا في التعامل معها اليوم.

إنجلترا في القرن الـ 19

حيثما يفشـــل النظام التعليمي في توصيل معارف عن العلم يشعر الناس بأنهم في حاجة إليها فإنه ســـرعان ما تظهر مناهج بديلة لتوصيل المعرفة. ويتألـــف هذا النظام المـــوازي في أمريـــكا المعاصرة مـــن الكتب والمجلات والصحـــف وأجهـــزة الإعلام والمتاحـــف. وأعتقد أن هذا النظـــام آخذ في الازدهار اليوم بســـبب ســـوء تصميم مقررات العلم الدراسية. ولقي النظام التعليمي في إنجلترا في القرن التاســـع عشـــر فشـــلا من نوع آخر. إذ كان قليلون هم القادرين علـــى الالتحاق بالمدارس في تلك الأيام، فضلا على أن من التحقوا بالتعليم لم يحصِّلوا قدرا كافيا في ما يتعلق بالعلم. ولكن أيا كان سبب الفشل فقد كانت النتيجة واحدة في الماضي مثلما هي الآن. ونعرف أن اكتشـــافات العلماء فتحت آفاقا فكرية جديدة وشاسعة وأراد الناس معرفة شـــيء عنها. وجدير بالذكر أن النمط الرئيسي لتوصيل المعارف الذي ظهر في إنجلترا في القرن التاســـع عشر تمثل في المحاضرات العامة. وبرز أكثر العلماء المشهورين في إنجلترا خلال العصر الفيكتوري كمحاضرين. واشتهر خصوصا في هذا المجال رائد الفيزياء في هذا العصر مايكل فاراداي، وهو العصامي الذي علَّم نفسه بنفسه (عرضنا في الفصل السابع خطوطا عامة عن تاريخ حياته). واســـتهل ما يســـمى محاضرات الكريســـماس في المعهد الملكـــي، وهي المحاضرات التي لايزال المعهـــد يقدمها إلى جمهوره كل عام. وعمد إلـــى تقديم محاضرات في المصانع. وثمـــة قصص عن آلاف العمال الذين كانوا يتدفقون على الفناء ليســـتمعوا إليه. وأرى أن أفضل مثال على عبقرية فاراداي بوصفـــه محاضرا يتمثل في خطاب ألقاه في الهواء الطلق خلال يوم اشـــتدت فيه برودة الطقس حتى درجة التجمد، فأمسك بكتلتين من الثلج وحك إحداهما بالأخرى حتى ذابتا ليبرهن على أن الحرارة شـــكل من أشكال الطاقة، وليست خاصية ذاتية أصيلة في المادة.

وتمثلت المشكلة الرئيسية التي واجهت العلماء في النظام التعليمي الرسمي في القبضة القاتلة التي يسيطر بها الباحثون الكلاسيكيون على مناهج التعليم. وقد هاجم هربرت سبنسر هذا الموقف في مقال له في العام 1855 بعنوان «ما هي المعارف الأقيم؟»، والذي قال فيه:

بينما نؤمن بأن ما نسميها الحضارة ما كان لها أبدا أن تظهر إلى الوجود لو لم يكن العلم عمادها، فإن العلم لا يكاد يمثل أي عنصر ذي قيمة فيما نسميه التدرب المهني الحضاري [1].

لقد كان مقال سبنسر عمليا مبالغا قليلا في الهدف الذي يتعلق بهذه المسألة. إذ يبدو أنه يناصر نظاما تعليميا ينبني فقط على العلم بدلا من تبني النظرة الأكثر معقولية (التي يمكن الدفاع عنها) وترى أن ما ينبغي هو دمج العلم في النظام التعليمي مع الدراسات الأخرى. وربما كانت هذه الرؤية الطاغية هي السبب في أن «تسعة أعشار» أبناء بلده رأوا اقتراحاته، وبنص كلماته، اقتراحات «شديدة الغرابة».

وبعد ربع قرن ردد توماس هكسلي أفكار سبنسر في محاضرة تحت عنوان «العلم والثقافة»، حيث قال:

لا المبحث العلمي ولا المادة الدراسية في التعليم الكلاسيكي لها قيمة مباشرة للطالب الذي يدرس علم الفيزياء بحيث نقول إن الأمر يبرر تبديد وقت ثمين... وتوخيا لاكتساب ثقافة حقيقية نرى أن التعليم العلمي حصرا لا يقل فعالية عن التعليم الأدبي حصرا [2].

وأعود لأقول أظن أن من الأفضل تفسير هذه العبارات على أنها محاولة لدفع النظام التعليمي البريطاني بعيدا عن انحصار اهتمامه فقط في الدراسات الكلاسيكية، وأن يوجه قدرا أكبر من التحرك في اتجاه نموذج الجامعات البحثية التي أخذت تتطور في ألمانيا آنذاك. وكم كنت سعيد الحظ إذ درست في أكسفورد كباحث حاصل على منحة مارشال منذ عدة سنوات مضت، ولذلك لديَّ ذكريات عن الموقف الإنجليزي المتعثر تجاه الدراسات الكلاسيكية بالمعهد. ذهبت إلى هناك وأنا لاأزال شابا تغمرني الدهشة، وسليل حي عمالي في شيكاغو؛ ودفعوا بي إلى كلية ميرتون التي أسست في العام 1972. ولاأزال أذكر عميد الكلية (الذي يصف نفسه بأنه آخر الفلاسفة

الهيغليين الأحياء) وهو يقول لي إنني سعيد الحظ إذ قررت الكلية إعفائي من شرط يوجب على طلاب القسم العلمي الوافدين إثبات إجادتهم التامة للغة اللاتينية (لست على يقين حتى يومنا هذا مما إذا كان سعيدا بالتغيير الذي حدث أنه كان آسفا لانهيار المعايير عما كانت عليه في الأيام السعيدة في الزمن القديم). وشرح لي أيضا بجدية تامة أن الإمبراطورية البريطانية بناها رجال اختاروا لحياتهم مهنة كتابة الشعر اليوناني الكلاسيكي، ثم أُرسلوا لإدارة تشغيل منظومة السكك الحديد في كالكوتا. معنى هذا أن موقفه يؤكد أنه ليس المهم أن تتعلم الأفضل والأروع. إذ إن ذكاءهم الفطري سيجعلهم متميزين عن سواهم حيثما ذهبوا.

ماذا عساي أن أقول؟ بدا أن النظام التعليمي نجح تماما في القرن التاسع عشر. وطبيعي أن المشكلة هي أن قصر الاهتمام على طلاب القمة فقط، من يحتلون أعلى قمة في السلم الأكاديمي، لن ينتج لنا الجيش الضخم من التقنيين المدربين اللازمين لإدارة وبناء المجتمع الحديث. وطبيعي بالتالي أنه لن ينتج، يقينا، مواطنين على حظ من المعرفة العلمية. ولهذا فإن التغيرات التي شهدتها إنجلترا الحديثة والتي حدثت في الجامعات القديمة، وبناء جامعات جديدة (المعروفة باسم المعاهد الحمراء أو المبنية بالآجر الأحمر) إنما تمت أساسا لعلاج هذه المشكلات.

الخبرة الأمريكية

تعليم العلم في أمريكا له تاريخ مختلف إلى حد ما. نظر الأمريكيون ابتداء من جيفرسون وفرانكلين فصاعدا إلى العلم على نحو ما يتلاءم مع بلد جديد لايزال يعاني مخاض النمو والتطور، ومن ثم اعتبروا العلم أداة لتحقيق نتائج عملية، ووسيلة للحصول على ما سميته في الفصل السابع «هدف مشروعات الأعمال» من خط أنابيب البحوث. وسجل إلكسيس دو توكفيل تعليقه على هذا بقوله:

> **نلحظ في أمريكا أن الجزء العملي الخالص للعلم مفهوم على نحو يثير الإعجاب... ولكن لانكاد نرى أحدا .... نذر نفسه للجزء النظري والمجرد من المعرفة البشرية (3).**

وهذا الميل تجاه ما هو عملي انعكس بوضوح في النظام التعليمي الأمريكي. وأول مدرسة تخصصت بشكل كامل لدراسة العلم والتكنولوجيا هي معهد «رينسلاير بولي تكنيك» في تروي، نيويورك. وحظي هذا المعهد آنذاك، مثلما يحظى الآن، بشهرة يستحقها في مجال الهندسة والعلوم التطبيقية.

ولم تكن لدى أمريكا في الحقيقة جامعة بحثية على المستوى الأوروبي إلا حين أُسست جامعة جون هوبكنز في بالتيمور في العام 1876، والتي تخصصت بوضوح في ما سميناه البحوث الأساسية. وحدد أول رئيس لها (دانييل كويت غيلمان) أهداف الجامعة خلال حفل الافتتاح حين قال:

> **ما الهدف الذي نصبو إليه؟ تشجيع البحث... وتقدم الباحثين الأفراد القادرين بفضل تميزهم على الارتقاء بالعلوم التي يعكفون عليها، وبالمجتمع الذي يتوطنون فيه [4].**

وفي حديث تال، حدد غيلمان ما أصبح فيما بعد الحكمة المسلم بها - أو ترتيلة الصلاة إن شئت - للجامعة البحثية في كل ما يخص التعليم، إذ قال:

> **أفضل المعلمين هم المعلمون الأحرار، المؤهلون، ذوو الإرادة لإنجاز بحوث أصيلة داخل المكتبة وداخل المعمل. إن أفضل الباحثين هم عادة من يتحملون مسؤولية التعليم، وبذلك يفوزون بعوامل الحفز من رفاقهم، والتشجيع من تلامذتهم، فضلا عن مراقبة الجمهور [5].**

ولعل من المصادفات الغريبة في توافق الأحداث التاريخية أن جاء تأسيس جامعة جون هوبكنز في العام 1876، وهو العام نفسه الذي بدأ فيه أول عالم فيزياء أمريكي عظيم، وهو جيه. ويلارد غيبس من جامعة ييل، في نشر مؤلفه - وهو العمل الذي حالت النزعة العملية الأمريكية في العلم دون تقييم رفاقه له حتى بعد وفاته. لقد كان غيبس شخصية مثيرة للاهتمام. طويل القامة، أرستقراطي السلوك (كان أبوه أستاذا جامعيا أيضا)، أعزب طوال حياته (عاش مع أختيه)، معروف عنه أنه معلم عطوف، وإن كان أكثر ميلا إلى النظر المجرد. ووفق ما حكى لي أستاذي العجوز المتخصص في الديناميكا الحرارية، أن التقليد الشائع عنه أنه حكى دعابة واحدة في كل عمره. فبينما كان هو وأخته يقيمان حفل عشاء لضيوفهما وشرعت أخته في تقليب السلطة، أخذ منها الملاقط وقال لها على مسمع من ضيوفه: «دعي لي يا عزيزتي هذه المهمة، أنا في نهاية الأمر الخبير في شؤون التوازن غير المتجانس بين المواد».

وعلى أي حال، بمجرد أن بدأ العلم يتخذ لنفسه نقطة ارتكاز في النظام التعليمي الأمريكي، فإنه لم يواجه مقاومة من النوع الذي انتقده هكسلي وزملاؤه في إنجلترا. حفز رجال جامعة هوبكنز الجهود من أجل إعادة بناء الطب الأمريكي، وكان هذا مجرد مثال واحد لسرعة تطبيق العلم على العالم خارج الجامعة. وحقق هذا الإنجاز الباحثون الأمريكيون البرغماتيون اقتداء بتطبيق نظام الجامعة البحثية.

جون ديوي وعادة العقل العلمية

ولكن مناط اهتمامنا هنا هو طريقة إضافة العلم إلى كثير من المستويات المختلفة للمقررات الدراسية أكثر من اهتمامنا بتقدم العلم عامة. وأحسب أننا لن نفاجأ إذا عرفنا أن أول تبرير نظري لتضمين العلم في المقررات الدراسية جاء بقلم جون ديوي، وهو الرجل الذي ترك أثرا عميقا في جميع أوجه التعليم الأمريكي.

صاغ ديوي في مطلع القرن العشرين الأساس المنطقي العقلاني للتعليم العلمي العام الذي لايزال صداه يتردد في المؤسسة التعليمية حتى اليوم. ساق الحجج مؤكدا ضرورة تضمين العلم في مقررات المدرسة الثانوية، وأكد ضرورة أن نجعل من بين أهداف التعليم بناء ما يمكن أن نسميه «عادة العقل العلمية». وكان همه الأساسي وقتذاك مقررات المدرسة الثانوية؛ ولكن حري بنا أن نتذكر أن النسبة المئوية من الأمريكيين الملتحقين بالمدارس الثانوية وقتذاك كانت منخفضة كثيرا. مثال ذلك أنه في العام 1910 كانت النسبة المئوية من الأمريكيين الحاصلين على شهادة المدرسة الثانوية دون 10 في المائة، وهي نسبة صادمة لتدنيها وفق المعايير الحديثة. ولم تتجاوز هذه النسبة في الحقيقة 50 في المائة إلا بداية من العام 1940. ومن ثم حري بنا ونحن ننصت لجون ديوي وهو يناقش المقررات الدراسية للمدرسة الثانوية أن نتذكر أنه كان يتحدث عن مجموعة من الطلاب أبناء الصفوة، أو ربما من يعادلون اليوم طلاب جامعات النخبة المتميزة. ولكن التعليم العام للمدرسة الثانوية، حيث التعليم للكافة وليس للقلة المحظوظة من الطلاب، كان شغله الشاغل بشأن المستقبل حين يكتب.

ونلحظ أن حجج ديوي بشأن تعليم العلم في المدرسة الثانوية تماثل ما سميته «برهان من حياة المواطنين» في الفصل الثالث.

> **تؤسس الحضارة المعاصرة - إلى حد كبير جدا - على العلم التطبيقي الذي لن يتسنى لأحد أن يفهمه حقيقة ما لم يكن فاهما لبعض المنهج العلمي... ومن ناحية أخرى فإن التفكير في الموارد والإنجازات العلمية من زاوية تطبيقها بغية السيطرة على الصناعة والنقل والاتصالات ليس من شأنه فقط زيادة الكفاءة الاجتماعية للمتعلمين مستقبلا، بل أيضا مضاعفة اهتمام المرء صاحب الشأن من دوره الحيوي المباشر** [6].

وأكد أيضا أن تعلم العلم أمر قيِّم في ذاته ولذاته بسبب اقترانه بالنمو العقلي:

> **إن تكوين العادات العلمية للعقل سيكون الهدف الأول لمعلم العلم في المدرسة الثانوية** [7].

ويبدو أن هذه الحجة خلال عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين هي دون حجة ديوي الأصلية عن المنفعة الاجتماعية التي استحوذت على اهتمام فلاسفة التربية. وهذه هي الحجة ذاتها التي حفزت - إلى حد كبير - على تضمين العلم في المقررات الدراسية. وأرى لزاما أن أقول إنني حين أطالع هذه الكتب بعد مرور عدة أجيال أجدني مذهولا لما يتصف به الكتاب من مثالية وسذاجة. إن فكرة أن هناك قذيفة سحرية اسمها المنهج العلمي من شأنها، على نحو إعجازي، أن تحوّل كل طالب إلى إنسان منطقي يأخذ بالأسباب العقلانية لم تكن يقينا وليدة الخبرة. وطبيعي أن هذا لم يحُل دون أن يتفجر بين الحين والآخر في حوارنا الحديث، وهذه نقطة سوف أعود إليها بعد ذلك بقدر من التفصيل.

ونستطيع أن ندرك ما كان المعلمون يتصورونه في الثلاثينيات عن مهمتهم إذا ما تأملنا عبارة تحدد معنى الطالب الناجح قالها المدرس بجامعة وسكونسن آي. سي. دافيز:

> **لنا أن نقول إن المرء صاحب الموقف العلمي هو: من (1) يكشف عن إرادة لتغيير رأيه على أساس بينة جديدة؛ (2) يعمد إلى البحث عن الحقيقة في كل صورها من دون أي انحياز؛ (3) يدرك العلاقة بين مفهوم العلة والمعلول؛ (4) سوف تتكون لديه عادة تأسيس حجته على الواقع؛ (5) لديه القدرة على التمييز بين الواقع والنظرية** [8].

يا للهول، أحسب أننا جميعا سوف تغمرنا السعادة إذا ما اكتسب طلابنا ولو جزءا من تلك الخصائص التي حدثنا عنها دافيز، فضلا عنها كلها. وأعود لأقول أوضحت الخبرة أن مثل هذه الأهداف غير الواقعية للتعليم لن يتسنى الوفاء بها. وليس معنى هذا أن ليس لنا أن نضعها أمامنا في الصدارة بوصفها مثلا عليا قيمة. بل المعنى المقصود أننا عند نقطة ما نكون بحاجة إلى أن نبعد بتفكيرنا عن التهويم فوق السحاب، وأن نسأل أنفسنا: ما الذي يمكن لنا أن نتوقعه بصورة واقعية من طلابنا الجالسين فعلا في قاعات الدرس أمامنا؟

اشترك الموجودون في «مدرسة وسكونسن» معا في وضع عدد من الاختبارات عن «الموقف العلمي» في ثلاثينيات القرن العشرين، ولكن يبدو أن النتائج لم تكن متوافقة مع قدرات الطلاب في مجال العلم أو مع تحصيلهم المدرسي عامة. وهكذا فإنه مع بداية اندلاع الحرب العالمية الثانية نجد أن أول دفعة كبرى لتعرف الأمريكيين على العلم من خلال المقررات الدراسية وصلت إلى نهاية محبطة ومخيبة للآمال إلى حد ما. ونجد أن الإنجاز الوحيد العظيم لهذه الحركة - والذي ينبغي ألا نغض من قدره وقيمته - هو أن العلم منذ تلك الفترة فصاعدا أصبح وثيق الارتباط بالنظام الأمريكي للتعليم العام.

سبوتنيك وأثره في التعليم في أمريكا

إن نسيت فلن أنسى مدخلي إلى عصر الفضاء في العام 1951. كنت لأزال طالبا بجامعة إلينوي، وكنت عائدا إلى البيت سيرا على الأقدام عبر ملعب رياضي بعد غروب شمس يوم من أيام الخريف. تطلعت ببصري إلى السماء ورأيت بقعة ضوء ساطعة في السماء تتحرك بسرعة أكبر كثيرا من سرعة الطائرة. أدركت أنني أرى سبوتنيك، أول تابع اصطناعي، والذي أطلقه الاتحاد السوفييتي قبل بضعة أيام.

وكم هو عسير أن نبالغ في أثر هذا الجرم الذي يزن 183 رطلا ويدور في مدار قريب من الأرض في النظام التعليمي الأمريكي. لقد كانت الأيام التالية مباشرة للحرب العالمية الثانية أياما مجيدة للثقة العلمية الأمريكية. ارتأى بعض الكتَّاب وصف النزاع بأنه حرب «الفيزيائيين». وحقق علماء الحلفاء نجاحا في تطوير مستحدثات مثل الرادار والصمام التقاربي [الذي يفجر

المقذوف عند اقترابه من الهدف ـ المترجم]، proximity fuse، علاوة، بطبيعة الحال، على القنبلة الذرية. وأكد هذا للجميع الهيمنة الواضحة للغرب في عالم العلم. وعاد من الحرب جيل من العلماء لديه طموح إلى دفع أمريكا إلى مستقبل باهر، ويتيه خيلاء، ويكتب أبناؤه، كما قال أحد المراقبين، بطرف أقلامهم في زهو وكبرياء. وتملكني دائما طوال سنوات دراستي بالجامعة شعور بالدهشة من عدد من أساتذتي ـ الذين يتحلون بدماثة الخلق ورقة الطباع ـ الذين أدوا أدوارا حاسمة في مجال البحوث العلمية زمن الحرب.

ومثالي المفضل عن هالة التقدير الكبير التي أحاطت بالعلماء في أثناء وبعد الحرب العالمية الثانية أستمده من السيرة الذاتية للعلامة لويس ألفاريز الحاصل على جائزة نوبل في العام 1968، وكانت تتويجا لحياة علمية متميزة في مجال الفيزياء التجريبية. عمل في أثناء الحرب في معمل الإشعاع في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وهو أحد مراكز البحوث في زمن الحرب. وعكف هناك على تطوير الصمام التقاربي. ومن المعروف أنه حتى ذلك الوقت كان المجندون المعنيون بإطلاق المدافع المضادة للطائرات يعتمدون على أنفسهم في تقدير ارتفاع الطائرة المغيرة، ثم يشعلون فتيل القذيفة لتنطلق بعد لحظة إلى مكان ما قرب الطائرة، والأمر متروك للحظ في جميع الأحوال. وغني عن البيان أن هذه التقنية لم تكن لتحقق إصابات كثيرة. ولكن الصمام التقاربي هو أساسا رادار صغير يجري تركيبه عند رأس القذيفة ويشعل المادة المتفجرة عند اقتراب القذيفة من الطائرة. وذهبت بعثة للاختبار في خليج شيزابيك، واتضح أن القذائف المزودة بالصمام الجديد الذي اخترعه العالم أسقطت كثيرا من الطائرات من دون طيار الواحدة تلو الأخرى ما أذهل العاملين على المدافع من رجال البحرية. ونظرا إلى دواعي الأمن خرجت السفينة فورا إلى عرض البحر، بينما انطلق مركب يحمل العلماء عائدين إلى الشاطئ، وهبط قائد البحرية من سفينته ليطمئن على أن من هم في رعايته ومسؤوليته قد عادوا بسلام. وصافحهم واحدا واحدا، ثم اتجه إلى الضابط المسؤول عن المركب وقال: «السيد الملازم تأكد من أن هؤلاء الرجال يرتدون سترات النجاة الخاصة بهم».

وكانت هذه علامة على توقير وتقدير لازما ألفاريز طوال حياته.

ولكن في العام 1957، وبفضل انطلاقة ناجحة لقمر اصطناعي سوفييتي، تبددت كل تلك الثقة وكل مشاعر الرضا عن الذات. كنا نسمع كل ساعة ونصف الساعة صوت «بيب. بيب. بيب» من سبوتنيك فوق رؤوسنا، فيذكرنا بأن عدونا في الحرب الباردة قد هزمنا في الفضاء. وتتمثل ذكرياتي عن هذه الفترة في صورة حالة الهلع العام والحيرة الشاملة، وهي مشاعر مماثلة لما حدث بعد أحداث الحادي عشر من سبتمبر وإن كانت بصورة أكثر صمتا. وعبر بصدق عن الحالة المزاجية الأمريكية سيناتور ألاباما ليستر هيل في شهادته في العام 1958 أمام لجنة العمل والرفاه العام بمجلس الشيوخ حين قال:

> **الاتحاد السوفييتي الذي كان منذ أربعين عاما فقط أمة فلاحين، ها هو اليوم يتحدى بلدنا أمريكا في... العلم والتكنولوجيا... إن الطريق الذي نختار الالتزام به سوف يحدد ليس فقط مستقبل الحضارة الغربية، بل وأيضا مستقبل الحرية والسلم لجميع شعوب الأرض**[9].

وتساءل الأمريكيون في دهشة في كل مكان: كيف حدث هذا. كيف لنا، وفور إنجازاتنا العظيمة، أن نجد أنفسنا في مثل هذا الموقف بادي اليأس والإحباط؟

وحدث بعد ذلك رد فعل أمريكا النمطي (هل هو رد فعل مبالغ فيه؟) إزاء أي موقف يمثل تهديدا وخطرا. فجأة أصابتها حمى الاهتمام بتعليم العلم. هل هناك بلدان تُخرِّج علماء ومهندسين أكثر منا؟ سوف نعمل على تخريج أعداد أكثر مما يحلمون هم. هل السوفييت يشغلون الفضاء؟ سوف نهزمهم بالوصول إلى القمر. وتدفقت الأموال إلى المؤسسات العلمية.

وتحققت النتائج المرجوة. صدر قانون التعليم والأمن القومي في العام 1958. وأدى القانون إلى ضخ مليارات الدولارات من أجل تدريب جيل جديد من العلماء والمهندسين. وانتهى الأمر بأن مجموع الأموال التي أُنفقت على التعليم والأمن القومي زادت وتجاوزت ما تم إنفاقه على مشروع مانهاتن في البداية. أما عن نفسي فقد استطعت أن أستخدم بعض الأموال المخصصة لقانون التعليم والأمن القومي لدعم طلاب الدراسات العليا قبل إنهاء المشروع بعد ذلك بعقود.

ويمثل عمل لجنة دراسة علم الفيزياء رمزا لانتفاضة الاهتمام المفاجئة بتعليم العلم. وتتألف اللجنة من علماء معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (الفيزيائيون أساسا) وأرباب الصناعة. وقد التأم شمل اللجنة في الواقع

قبل عام من إطلاق سـبوتنيك. ولكن السُّـعار المفاجئ على أثر سبوتنيك كان قـوة حافزة لها ونتج عنها «فيزياء لجنة دراسـة علـم الفيزياء»، وهو مقرر دراسي معد إعدادا جيدا إلى أقصى حد (وإن كان متقدما) لتدريس الفيزياء بالمدارس الثانوية. وسـرعان مـا أصبح هذا المنهج مطبقا في كل المـدارس في مختلف أنحاء البلد. ولأزال في الحقيقة ألتقي من وقت إلى آخر بطالب ما درس هذا المقرر في الفيزياء في مرحلة من الدراسة.

إن ما أذهلني أكثر فيما يتعلق بلجنة دراسـة علـم الفيزياء وقتما قضيت عاما بعد حصولي على درجة الدكتوراه في معهد ماساتشوسـتس للتكنولوجيا في أواخر سـتينيات القرن العشـرين هو أن كثيرين من كبار الفيزيائيين كانوا آنذاك لايزالون مرتبطـين باللجنة من أمثال جيرولد زاخاريا الذي نعتبره في العادة أحد مؤسسـيها. وطبيعي أن مشاركتهم تجعل الفيزيائيين الأقل مستوى يستسـيغون الاهتمام بالموضوعات التعليميـة. ووصل الأمر إلى حد أن أصبح التعليم بين الحين والحين موضوعا مختارا للمناقشة في أثناء تناول طعام الغداء اليومي للفريق المعني بالنظرية، وهو الشيء الذي لا نكاد نسمعه اليوم.

وركزت لجنة دراسـة علم الفيزياء جهودها على مدى الستينيات من القرن العشرين على تدريب المعلم وإدارة حلقات دراسة صيفية مكثفة لمعلمي المدارس الثانوية في كل أنحاء البلاد، ووضعت مواد دراسـية لقاعات الدرس. ومع هذا لم تحقق في النهاية المراد. ولا أظن أنها اسـتطاعت أن تحقق أكثر من 10 في المائة من جملة كتب فيزياء المدارس الثانوية المعروضة في السوق. إن إحساسي الخاص هو أن مستواها الفكري كان مرتفعا جدا بالنسبة إلى الأغلبية العظمى من الطلاب والمعلمين، وهذه نقطة سأعود إليها في فصل تال.

وعلى أي حال فإن المليارات التي أنفقها الرئيس أيزنهاور والرؤساء الذين خلفـوه على تعليم العلم حققت عائدها. أقبـل الطلاب أفواجا على مجالات علم جديدة، كما أن العلماء الذين تدربوا على البحوث الأسـاسـية تدفقوا إلى خـط أنابيب البحوث. وعاد العلـم الأمريكي ليؤكد من جديـد هيمنته على العالم، وذلك بحلول نهاية الستينيات، حيث وطئ الأمريكيون بأقدامهم سطح القمر، ووضعوا بصماتهم عليه مع امتداد مسلسل لا نهاية له من جوائز نوبل. وتوافد الطلاب مـن جميع أنحاء العالم إلى الجامعـات الأمريكية للالتحاق بالدراسات العليا، مثلما ذهب الأمريكيون قبل بضعة عقود إلى أوروبا.

وبعد أن فرغت من كل ما سبق، ومع كل الاحترام والتقدير للتوسع الضخم الذي حققه مشروع البحث الأمريكي الذي أعقب انطلاق سبوتنيك لايزال هناك سؤال مهم علينا أن نسأله هو: ماذا عن الـ 98 في المائة الأخرى؟ أو بعبارة أخرى، ماذا عن الطلاب الذين لن يشتغلوا بالعلم والتكنولوجيا؟ بناء على هذا التصنيف يمكن القول على أحسن الفروض إن أثر انتعاش العلم بعد انطلاق سبوتنيك يبدو ملتبسا. إنه من ناحية أفاد في إثارة الاهتمام بتعليم العلم وأدخل بعض كبار العلماء في المجال نفسه كما عرضنا آنفا. ومن ناحية أخرى نجد أنه طوال هذه الفترة، وكما قال عالم الفيزياء بجامعة نيويورك موريس شاموس في كتابه «أسطورة محو الأمية العلمية»:

الوظيفة الأولى للتعليم الرسمي للعلم، سواء قبل الكلية أو أثناءها، هي ضمان الإمداد المطرد للعلماء وللمهن ذات الصلة بالعلم [10].

وكان هذا يقينا هو هدف لجنة دراسة علم الفيزياء، على الرغم من أنهم ضمنوا نخبتهم المستهدفة أنواعا من غير المشتغلين بالعلم ممن سيكونون ذوي شأن مهم في المجتمع الأمريكي، مثل: محامي المستقبل، رجال المصارف، والقادة السياسيين، وغيرهم. ونقول بعبارة جيرولد زاخاريا: «علينا أن نؤسس مجموعة متميزة من المرتبة الأولى لتكون هي دعامة النخبة الفكرية في البلاد» [11].

التعليم في أمريكا بعد الدوي الذي أحدثه سبوتنيك

نحن إذ نتأمل هذا التركيز على الطرف العلوي للطيف التعليمي خصوصا على ما يتعلق بتعبئة علماء ومهندسي المستقبل، نجد أن الدوي الذي حدث إثر سبوتنيك حدد الطريقة التي يتعين الالتزام بها مع نهاية القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين. ووقعت خلال هذه السنوات أحداث تمثل معالم أساسية في التعليم الأمريكي. نذكر منها نشر تقرير «أمة في خطر» في العام 1983 الذي أصدرته اللجنة القومية المعنية بالتميز في التعليم. وكذلك إقرار تقرير «لن يتخلف طفل» NCLB في العام 2002. ويبدو كل منهما حدثا كبيرا عندما نسترجعهما. وقد

حفز إليهما إدراكنا أن ثمة شيئا خطيرا مغفلا في التعليم العام الأمريكي، وأكد الاثنان ضرورة اتخاذ الإجراءات لعمل إصلاحات بعيدة المدى. ولم يقتصر أي منهما على التركيز على تعليم العلم من دون سواه، على الرغم من أنهما معا ضمنا العلم والتكنولوجيا في إطار رؤية كل منهما.

وها قد مضى وقت كاف منذ صدور تقرير العام 1983، ما يسمح لنا بعمل نوع من التقييم للآثار المترتبة على تقرير «أمة في خطر». وفي رأيي أن النتيجة الأهم لهذا التقرير الذي حذّر من أن الأمة توشك أن يغرقها «مد صاعد من الوهن» هي وضع التعليم في بؤرة الاهتمام العام. لنسأل: متى كانت آخر مرة، كمثال، زعم أي شخص طموح سياسيا أنه يريد أن يصبح «الرئيس المعني بالتعليم»؟ ونقول بكلمات غلين سيبورغ الحائز جائزة نوبل في العام 1993: «بدا واضحا الآن أن أزمة التعليم قبل الجامعي والحاجة الملحة إلى إصلاح التعليم لهما في إدراكنا الأولوية القصوى» (12). وقد شُددت شروط التخرج في المدرسة الثانوية، وكذا شروط الالتحاق بالكليات خلال العقدين الأخيرين من القرن العشرين. وأعتقد أن في الإمكان أن نعتبر هذا التشديد نتيجة مباشرة لنشر تقرير «أمة في خطر».

ولكن ما يدهشنا، من ناحية أخرى، هو التحسن القليل في الناتج التعليمي ذي الأهمية الذي تحقق نتيجة لهذه الإصلاحات. وإذا استثنينا بعض التحسن في الرياضيات نجد أن درجات اختبارات الطلاب الأمريكيين تكاد في جوهرها تكون ثابتة من دون تغيير تقريبا منذ سبعينيات القرن العشرين. معنى هذا أن أي آثار إيجابية مترتبة على الإصلاح ربما لم تكن كبيرة بالقدر الذي يجعلها واضحة للأنظار وتكشف عنها مقاييس الاختبارات المعيارية (أو تسلم بأنها ناقصة).

ولايزال الوقت مبكرا جدا لعمل تقييم مماثل لتقرير «لن يتخلف طفل». هذا على الرغم من أنه غير المناخ العام للنظام التعليمي بفضل تطبيقه المعايير القومية وزيادة تأكيده المهارات الأساسية مثل الكتابة والرياضيات، وكذا برنامجه بشأن المسؤولية والمحاسبة العامة. ومع هذا نستطيع أن نلمس بالفعل بعض التغيرات في تعليم العلم والتي حدثت بوصفها نتائج غير مقصودة مترتبة على تقرير «لن يتخلف طفل». ونلحظ

أن التأكيد المتزايد للمهارات الأساســية خلال المراحل الدراسية الباكرة يتمثل في اتجاه رفع مواد لم تخضع للاختبار مثل العلوم والتاريخ، لترتفع إلى درجات أعلى في الســلم التعليمي، وبحيث يلتقيها الطلاب في فترة تالية خلال حياتهم العملية. وليس واضحا، على الأقل بالنســبة إليَّ، ما إذا كانت هذه المرحلة ســتكون لها نتائج إيجابية أم سلبية بشأن تحصيل الطالب في مادة العلوم. ونلحظ من ناحية أن الطلاب إذا توافرت لديهم قاعدة صحيحة في اللغة والرياضيات، فإن هذا يقينا ســوف يكون عونا لكل من يناضل منهم من خلال اللغة في الكتب المدرسية المطابقة للنظام القــديم. بيــد أننا من ناحية أخــرى لا نعرف أثر إرجــاء تضمين العلم في الاهتمام الطبيعي للطلاب بالمادة الدراســية. أحسب أن هذه مسألة متروكة للبحث مستقبلا.

ولكــن أيا كانــت النتائج بعيدة المدى التي ســينتج عنهــا تقرير «أمة في خطــر»، وكذا تقرير «لــن يتخلف طفل» فإن الخطــاب الملازم لهما فيما يتعلق بتعليم العلم يشــبه كثيرا النغمة التي كانت سائدة بعد إطلاق ســبوتنيك: الطــلاب الأمريكيون متخلفــون عن نظرائهــم من الطلاب فــي الأقطار الأخرى، ونحــن لا يتخرج لدينا العــدد الكافي من العلماء والمهندســين اللازمين لضمان اطراد القــوى المحركة للاقتصاد؛ وكذلك نحــن إذا لم نتخذ فــورا الإجراءات اللازمة لعمل تغييــرات جذرية فإن المشــروع التعليمي برمته سوف ينهار. وســوف أطلق على هذا النوع من الحجــج «الابتهال»، أو مقدمة الصلاة، اقتداء بكلمات بيورن لومبورغ في كتابه «داعية الحفاظ على البيئة الشكَّاك».

إن إحدى القســمات المثيرة للضحــك في هذا الابتهال هي أن المنافس الأجنبــي الأول. أو إن شــئت قــل بعبع العلم الأمريكــي - دائم التغير مع الزمن. إذ كان هو الاتحاد الســوفييتي في ســتينيات القرن العشرين، ثم أصبح اليابان فــي الثمانينيات، وبعدها تايوان وســنغافورة وغيرهما من النمور الآسيوية. وإحساسي حتى الآن أن البلد القادم في الطابور - والذي ســيكون البعبع - هو الصين أو الهند تأسيســا على من سيكون له قصب الســبق، وعما إذا كان الاهتمــام الأول هو الهيمنــة الصناعية الكاملة أو

تعهيـد، أي نقل، الوظائف التقنية الأمريكية العليا إلى الخارج. وأذهب في تخميني الشخصي إلى أن الصين سوف ترث عمليا دور البعبع وتصبح المنافس الرئيسي لأمريكا.

وسوف أعود إلى موضوع الابتهال فيما بعد مع قدر بسيط من التفصيل في محاولة لعمل تقييم واقعي لمدى النجاح النسبي لعدد من البلدان المختلفة في تخريج المهندسين والعلماء. ولكن ليسمح لي القارئ الآن بأن أتحول إلى سؤال سبق أن أثرته في البداية هو: أين، وسط كل هذا السعار والفوضى، المكوِّن الملائم للطالب غير العلمي؟ ماذا عن التفكير بشأن محو الأمية العلمية أو توفير المعارف الأولية العلمية؟

الفيزياء للشعراء وللكافة

يمثل صدور الكتاب المرجعي «الفيزياء للشعراء» تأليف روبرت مارش، في العام 1972، معلما خاصا في نظري للزمن الذي بدأ فيه تغير جارف لموقف المجتمع العلمي من تعليم غير العلماء. ومارش عالم فيزياء تجريبي قدير في جامعة وسكونسن، وهو إنسان صاحب عقل حر منفتح في عالم محافظ تقليدي. وجدير بالذكر أنه وقت صدور الكتاب كان قلة من العلماء هم من يفكرون جديا في أي قضايا تعليمية أخرى غير القضايا المعنية بتخريج الجيل التالي من العلماء والمهندسين. ولكن الكتاب بدأ يغير كل هذا.

وطبيعي أن كان العنوان هو أول شيء مثير. إذ أثار انتباه الناس وجعلهم يفكرون في أمر تعليم غير العلماء. ثانيا، كُتب الكتاب بلغة رصينة جيدة، وحظي بعناية فكرية متميزة. لذلك كم كان عسيرا إغفاله واعتباره «غير جدير بالنظر» على نحو ما كان يميل علماء كثيرون وقتذاك. وأخيرا، صدر الكتاب في الوقت الذي بدأت تشيع فيه الضغوط التي ناقشناها في الفصل التاسع؛ إذ إن أقسام العلوم بالجامعات كانت منفتحة ومتقبلة لفكرة زيادة أعداد طلابها. ونلحظ أن الأقسام التي آثرت الإحجام حتى ذلك الحين بدأت الواحد بعد الآخر تضيف مقررا دراسيا تمهيديا كمدخل آخر لمقرراتها. مثال ذلك أن المقرر الدراسي الجديد الذي يستهدف غير العلماء أضيف إلى المجموعة التمهيدية القائمة من المقررات المؤسسة على الجبر وحساب

التفاضل (استهدف الأول الطلاب قبل التحاقهم بكليات الطب واستهدف الثاني المهندسين والعلماء). وهكذا أصبح اليوم من النادر أن نجد قسما من أقسام العلم لا تشتمل كتبه على مقرر دراسي من نوع مقرر «الشعراء».

كل هذا كان يجري في جامعة فرجينيا. إذ كان قسم الفيزياء يدار بأسلوب نمطي محافظ إلى حد ما، ولكنهم سمحوا لي بأن أحاول تطبيق منهاج تعليمي عن «الشعراء». ولاأزال أذكر حين تجاوز عدد المقيدين 300 وامتلأ الصف الخلفي في قاعة المحاضرة بزملائي الذين لم يصدقوا أن طلابا كثيرين يريدون تلقي منهاج دراسي عن الفيزياء. (ولكي أكون واقعيا أقول نظرا إلى أن هذا هو أول منهاج تعليمي باسم «الشعراء» في الجامعة، ظن الطلاب من دون شك أنه أسهل طريقة للوفاء بمتطلبات العلم، وهي نظرية عززها اسم مستعار أطلقوه على المقرر. فيزياء كرة القدم).

ولكن ليس معنى هذا قولنا إن الحركة التي استهلها منهاج «الفيزياء للشعراء» استهدفت حقا إنجاز المعارف الأولية العلمية. ذلك أن كل منهاج تعليمي طُبق خلال هذه الفترة كان مؤسسا في إطار مبحث علمي محدد. الجيولوجيا للشعراء، والكيمياء للشعراء... وهكذا. بل كان الهدف - بوضوح - هو تزويد غير المتخصصين بنظرة تقييمية أعمق عن مبحث علمي بذاته، وليس تزويد غير العلماء بخلفية واسعة أساسية عن العلوم. ولقد كان في إمكان الطالب، حتى مع تطبيق جميع هذه المناهج التعليمية، أن يفي بشروط ومتطلبات العلم المقرر في الجامعة من دون أن يسمع في قاعة الدرس مصطلحات مثل الدنا DNA، أو أشباه الموصلات.

وأود أن أذهب في تفكيري إلى أن صدور كتاب مرجعي في العام 1995 بعنوان «العلوم: نهج موحد» تأليف روبرت هازن وأنا، سوف يكون معلما مماثلا من حيث طريقتنا في تعليم العلم على المستوى الجامعي. إن هذا الكتاب الذي ينبني على نهج «الأفكار الكبرى» التي سأناقشها في الفصل الثاني عشر يحدد نهجا مختلفا جذريا في التعليم غير الأساسي. إذ أصبح ممكنا لأول مرة أن نجد كتابا تعليميا لتدريس منهج دراسي يعطي الطالب رؤية واسعة شاملة عن جميع العلوم، وليس مجرد عرض لمجال واحد فقط. ولايزال الوقت مبكرا جدا لعمل تقييم عن أثر هذا

الكتاب. ولكن ثمة مؤشـرات مشـجعة. فقد صدرت الطبعة الخامسة من الكتاب، علاوة على أن المناهج الدراسـية المؤسسة على أسلوبه في التناول اعتمدها أكثر من معهد عالٍ وجامعة في كل أنحاء البلاد. وأخيرا لاحظنا مـا يمثل مجاملـة وتقديرا لهذا العمل بأن أصدر عـدد من المؤلفين ودور النشـر كتبا مدرسية منافسة، وهذه علامة تؤكد أن الاهتمام بالموضوع بلغ نقطة التحوّل الحرجة.

ولكن علـى الرغم من إضافة المناهـج التعليمية «الشـعراء» و«العلوم الموحـدة» في الجامعات في كل أنحاء البلاد فـإن اهتمام المجتمع العلمي يكاد يكون مثبتا على تعبئة علماء ومهندسين جدد، بينما توارى - كما هي الحـال دائما - الاهتمـام بالمهن الأخرى والتعليم للجمهـور، واحتل مكانا ثانويا. وهـذا وضع مفهوم، وإن بدا محبطا إلى حد ما. وفي محاولة مني لتخفيف قبضة هذا الموقف على زملائي أود أن أختم هذا الفصل بسـؤال بسـيط هو: هل نحن حقيقةً متخلفون عن بلـدان أخرى من حيث تخريج علماء ومهندسين للمستقبل؟

هل نحن حقا متخلفون؟

القول بأنه ينبغي على المعلمين الأمريكيين أن يشعروا بقدر من عدم الأمان إزاء نتائج جهودهم في مجال العلم، قول في ظاهره عسير على الفهم إلى حد ما. إن العلم في أمريكا، مع بعض الاسـتثناءات، لايزال يحدد المعيار العالمي، كما أن الجامعات الأمريكية، كما أوضحنا آنفا، لاتزال السبيل التعليمي المختار من قبل الطلاب في مختلف بلدان العالم، خصوصا بالنسبة إلى من يلتمسون الحصول على درجات في العلم والهندسة. ولكن إذا ما تأملنا أجهزة الإعلام وجدنـا أن كل ما نسـمعه ينصب في خانة الابتهال. كيـف يمكن للناس وهم بصدد نجاحاتنا الواضحة أن يدفعوا بجدية بأن النظام متهاوٍ؟

طبيعي أن أحد الأسباب هو الأداء السيئ لطلاب المدارس الثانوية الأمريكية فـي الاختبارات الدولية المعيارية في مجال العلم والرياضيات. ويأتي السـبب الثاني من مقارنة معدلات تخرج العلماء والمهندسين في البلدان المختلفة. ولعل الحجة النمطية في هذا الصدد تجري على النحو التالي: في العام 2004 (آخر

ســـنة للبيانات عن هذا الموضوع) تخرج في الولايات المتحدة 70 ألف مهندس، بينما تخرج في الهند خلال العام نفسه 350 ألفا، وفي الصين 600 ألف. واضح أن بلدانا أخرى تحقق نتائج أفضل منا في هذا المجال التعليمي الحيوي.

ونظـــرا إلى أنني عايشـــت فترة الهوس التي أصابـــت البلاد على أثر إطلاق ســـبوتنيك فإنني أتوقع من القـــارئ أن يغفر لي إذ أنظر إلى هذه الصورة الراهنة لما ســـميته الابتهال بعـــين منحازة. إنني مدين لفريق من الباحثين في برنامج درجة الماجستير في الإدارة الهندسية بجامعة ديوك تحت إشـــراف جاري جيريفـــي وفيفيك وادوا، إذ تيســـر لي بفضلهم أن أنظـــر من كثب إلى هذه الإحصاءات، وأن أســـتعيد قـــدرا من العقلانية في مناقشـــة تخرج مهنيين مدربين تقنيـــا. ذلك أن جوهر ما فعله هذا الفريـــق هو الاطـــلاع - في تأمل - على بعض تفاصيـــل ما تعتبره الهند والصين درجة علمية في الهندســـة، ثم بعد ذلـــك عمل مقارنة بندا بندا بين هذين البلدين والولايـــات المتحدة. وكما يحدث غالبا حين ننظر إلى مصدر الأعداد الواردة في العناوين، ســـيتبين أن الموقف أقل خطورة مما يبدو لنا في الظاهر مع أول نظرة.

الجدول (8 - 1): مقارنة درجات البكالوريا للسنوات الأربع في الهندسة في العام 2004

البلد	عدد الدرجات	الدرجات لكل مليون من السكان
الصين	351,537	271.1
الهند	112,000	103.7
الولايات المتحدة	137,437	468.3

ولنبـــدأ بالصين، حيث اتصل الباحثون في جامعة ديوك بوزارة التعليم بشـــأن بياناتهم. وأفادت الوزارة بأنه في العـــام 2004 مُنحت 644,106 درجة في الهندسة. وتبين أن 351,538 - أي أكثر قليلا من النصف. من برامج بكالوريا السنة الرابعة والبقية مما يسمى برامج «الدورة القصيرة». وهـــذه عادة برامج من 2 - 3 ســـنوات، تماثل تقريبـــا درجة الزمالة التي تعطيها الكليـــات الحكوميـــة American Community Colleges. ولكن

حتى هنا نجد مشــكلة نظرا إلى أن الوزارة، كما هو واضح، تكتفي بجمع تقاريــر التخرج من المقاطعات من دون فــرض تعريف موحد لمعنى درجة في الهندســة. والنتيجة أن بعض الدرجات الواردة ضمن العدد الإجمالي ربما حصل عليها ناس من أمثال العاملين في ميكانيكا الســيارات وفنيي أجهزة التدفئة.

ونجــد موقفا مماثلا في الهند. إذ نظرا إلى أن حكومة الهند لا تجمع بيانــات التخرج بانتظام (آخر بيانات متاحة عــن التخرج ترجع إلى العام 1993)، فقــد ذهب باحثو جامعة ديــوك إلى «الرابطــة القومية للبرامج وشــركات الخدمات» National Association of Software and Service Companies (ناسكوم) (NASSCOM) التي تعمل كجهاز حصر من الواقع لمثل هذا النوع من البيانات في البلد. ونلحظ أنه لأسباب فنية كانت الأرقام التي جمعتها «ناســكوم» عــن العام 2004 هي توقعــات أكثر منها بيانات مؤكدة. ونلحظ أيضا أنهــا تفيدنا بقصة مماثلة لما هو حادث في الصين. ويذهــب هؤلاء الباحثون في تقديراتهم إلى أنه تخرج في الهند 215 ألف درجــة في الهندســة في العام 2004 (وليــس 350 ألفا كما هو مبين في العناوين الرئيســية). وأن من بين هذا الرقــم 112 ألفا (مرة أخرى أكثر قليلا من النصف) هم من أتموا برامج السنوات الأربع.

وبغية الوصول إلى الجدول (8 – 1) وضع باحثو جامعة ديوك هذه الأرقام معا، بالإضافة إلى النتائــج التي حصلوا عليها من المركز القومي لإحصاءات التعليم في الولايات المتحدة (137,437 درجة في الهندســة لبرامج السنوات الأربع) واســتخدموا الإحصاءات الرسمية لأعداد السكان في البلاد لتحديد عدد الدرجات الممنوحة لكل مليون من السكان. وعند النظر إلى الإحصاءات بهــذه الطريقــة، ومقارنتهــا بندا مقابل بنــد، كادت تختفي هــوة التحصيل التعليمي. معنى هذا في ضوء الأرقام المجردة أننا سواء في الملعب مع منافسينا الرئيســيين. ولعل الأهم هو درجات الخريجين لكل نســمة من السكان، نظرا إلى أن الحاجة إلى المهندســين من شأنها أن تزيد مع زيادة السكان. وأخيرا، ثمة حاجة إلى شــخص ما يضع صيغة توضح كل هذه التقاطعات الإضافية. وهنا تتجلى واضحة الميزة التي تتمتع بها أمريكا.

ولكن ونحن نمضي في عالم آخذ طريقه إلى العولمة سـريعا، لا يسع الأمريكيين أن يقنعوا بالرضا عـن ذواتهم فيما يتعلق بالنظام التعليمي، ولا أن يقنعـوا بقدرتهم على المنافسـة دوليا في السـاحة العالمية. لأننا قـادرون دائما على عمل ما هو أفضـل مما ننجزه حتى الآن. ونحن من ناحية أخرى، وكما يوضح الجدول السابق، لسنا بدرجة السوء التي تعبر عنها صلاة الابتهال.

9

توزيع المسؤولية: كيف وصلنا إلى ما نحن فيه؟

«يبدو لي أن اهتمام الطفولة بالطبيعة من شأنه أن يفيد كرأسمال ثمين يمكن للتلاميذ استثماره لتجاوز الفترة الصعبة، عندما يأخذ تعليم العلوم صورة أكثر صعوبة من مجرد مراقبة الخنافس والفراشات»

المؤلف

نجد أنفسنا الآن في موقف نشعر معه بأهمية المعارف الأولية العلمية، لكننا نجد معه، ولأسباب معينة، أن مدارسنا لا تخرج طلابا توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية. ووضح لنا أن الولايات المتحدة، كما هو موثق في الفصل السادس، حققت بعضا من التقدم في هذا المجال. ولكن على الرغم من هذا، يحدوني شعور بأن أمريكا، وهي البلد الذي أُسس على العلم الحديث والإبداع التكنولوجي، قد خرجت في مكان ما عن المسار الصحيح الموصل للهدف. وحري بنا قبل الحديث عن كيفية تحسين الوضع أن تتوافر لدينا فكرة واضحة عن كيفية حدوث ذلك.

من المهم قبل تحديد المسؤولية أن نمايز بين نوعين من الأسباب: أسباب قريبة وأخرى بعيدة. إن السبب البعيد للأمية العلمية، أو لعدم توافر المعارف الأولية العلمية، شأنه شأن كل الأسباب لأي مشكلة كبرى يمكن أن يعود إلى موقف المجتمع ككل وإلى المواقف العامة - تحديدا - من العلم. بيد أن هذا قول متهافت وغير مقنع، إنه مدعاة إلى اليأس، وتسليم بالهزيمة أكثر منه أي شيء آخر. إذ إنه يقينا يفيد قليلا كأسلوب علاج، لذلك لن أمكث معه طويلا. إنني معني جدا باكتشاف السبب وراء عدم استجابة مؤسساتنا التعليمية للمشكلة، على الرغم من اتساع نطاق الأمية العلمية أو الأمية بالمعارف الأولية العلمية، بغض النظر عن سببها الرئيسي. وعندي في هذا الصدد كثير مما أقوله، ذلك أن المؤسسة التعليمية في حقيقة الأمر يجب حثها على العمل بسرعة ونشاط إذا شئنا ألا يتحول الجيل التالي من الطلاب الأمريكيين إلى جيل أمي علميا، كما هي حال الجيل الحاضر.

وسوف أتحدث فيما يلي عن مراحل التعليم ابتداء من المدرسة الابتدائية وصولا إلى الجامعة. وليس لي أن أدعي أنني صاحب خبرة في بعض المجالات، مثل التعليم الابتدائي، أكثر من أصحاب الشأن المعنيين عادة مثل الكبار والآباء. بيد أنني لدي بعض الخبرة مع المقررات الدراسية في المدارس المتوسطة. وأستطيع أن أتكلم في ضوء خبرة حياتية سيئة عن مشكلات من بينها مشكلات التعليم الجامعي. وسوف أدفع فيما يتعلق بالمراحل الباكرة من التعليم بأن الاتجاه القائل بأننا «نعلم أطفالا، لا مواد دراسية»، وهو قول يبدو شائعا في هذه المنظومة، إنما هو قول يحبط أي دراسة جادة للعلم. ونجد بعد ذلك في المدرسة الثانوية وفي الكلية ما يشبه تحالفا غادرا يسري في الخفاء بين العلماء (الذين يريدون فقط التدريس لطلاب المستوى الأعلى) ومعلمي الدراسات الإنسانية (الذين لا يريدون تعليم العلم على الإطلاق) والطلاب (الذين يريدون الانتهاء من المهمة بأسهل طريقة ممكنة) ويناضلون جميعا ضد أن يتضمن التعليم تعلم المعارف الأولية للعلم.

وعلى الرغم من أن مزاج هذا الفصل يبدو سلبيا إلى حد ما، فإنه ينبغي ألا ننظر إليه باعتباره نواحا أو رثاء. إن هناك، حتى وأنا أسطر هذه الكلمات، مئات من أصحاب المواهب الرفيعة جدا والحماس الشديد

عاكفين على اكتشاف السبل الناجحة لتحسين مستوى تعليم العلم في البلاد. وها نحن نرى الوكالات الفدرالية تصب الأموال وتبذل الجهد في هذا النطاق أيضا. مثال ذلك أنني أشارك مع لجنة تابعة للأكاديمية القومية للعلم والمسؤولة عن استعراض ومراجعة برامج «ناسا» في تعليم مرحلة k-12. وتنفق هذه الوكالة عشرات الملايين من الدولارات سنويا على هذا المشروع (وأكثر من هذا أيضا من أجل دعم الدارسين من خريجي العلوم والهندسة). وتعمل وكالات أخرى على تحقيق الهدف نفسه عن طريق مطالبة من يتلقون منح البحوث بأن يخصصوا قدرا من أموالهم لمصلحة برامج تعليمية متطورة. ومن ثم نرى أن الصورة ليست قاتمة تماما على الرغم من قسوة المشكلات التي أريد مناقشتها.

المدرسة الابتدائية والمتوسطة

بين المعلمين توافق عام في الرأي على أن ما أسميه التحول العظيم في اتجاه العلم يقع أحيانا حول سني المدرسة الوسطى أو السنوات الأولى من المرحلة الثانوية. ويبدو أن الفضول المعرفي السوي إزاء العالم يتحول إلى ازدراء بل وربما إلى خوف من الأمور العلمية. ويدرس كثيرون كيف ولماذا يحدث هذا. وثمة قائمة بالشكوك العادية تتضمن الضغط والإجهاد المتواصل، ومواقف الأبوين والإحساس بصعوبة إنجاز العلم، علاوة على أمور أخرى.

ولنا أن نقول في عبارة واحدة كم هو عسير أن نعرف لماذا تنشأ مشكلة خاصة بتعليم العلم؟ إن الأطفال بطبيعتهم فضوليون للمعرفة، ونرى الطفل البالغ من العمر خمس سنوات بوسعه أن ينحني ناحية فراشة أو خنفساء يراقبها فترات طويلة تتجاوز الفترة العادية لانتباه الطفل. ونرى طفلا في العاشرة من العمر يقضي فترة ما بعد الظهيرة بطولها على الشاطئ يجمع في دأب كنزا من الأصداف والصخور، أو كمًّا من قطع صغيرة يضطر الأبوان إلى حملها معهما عند العودة إلى البيت. وهذا الفضول المعرفي هو المادة الأولية التي يتغذى عليها العلم، وهو الذي يشكل الأساس والحافز للبحث عند الكبار. وبهذا المعنى نرى أن الأطفال بطبيعتهم مهتمون بالعلم. لكن شيئا ما يغير كل هذا في المرحلة المتوسطة.

وثمة تجربة شخصية توضح مشكلة كبرى تتعلق بتعليم العلم في هذا المستوى المدرسي. تصادف أن ابن أحد زملائي وابنتي الكبرى في عمر واحد، وبذا يتلقيان مقررا تعليميا واحدا في العلوم في مدرستيهما. وأذكر أنه بسبب الطبيعة الخاصة المميزة لجغرافية العاصمة التحق ابن زميلي بمدرسة في ميريلاند بينما التحقت ابنتي بمدرسة في فرجينيا. لكن المدرستين تقعان وسط ضاحيتين موسرتين زاخرتين بأولياء أمور على حظ مرتفع من التعليم، ولهم أعمالهم التي تشغلهم. وتحتل المدرستان صدر قائمة تضم مائة مدرسة في أمريكا، وفق الترتيب السنوي الذي تقدمه مجلة نيوزويك.

على أي حال وصل المقرر الدراسي في أثناء التدريس إلى باب علم الأرصاد الجوية. ويمثل الطقس أحد الموضوعات التي يهتم بها الأطفال بطبيعتهم، إذ كم من المرات تلقى الآباء والأمهات أسئلة من أطفالهم عن السحب، ما هي، وكيف تمطر؟ بيد أن ابن صديقي أعطته المدرسة قائمة تضم أكثر من 20 آلة من آلات الرصد لحفظها. فهل تصدق أنها لم تكن قائمة بكلمات مع تفسير لأهميتها، بل مجرد قائمة للاستظهار؟!
وغني عن البيان أن زميلي كان مستثارا غاضبا. وعلمت بكل ما دار من القيل والقال، ولذلك حين جمعني العشاء مع ابنتي، سألتها عما إذا كانت تعرف شيئا عن الهيغروميتر الدوار (جهاز قياس درجة الرطوبة النسبية في الجو). [إذ كان هذا أحد بنود القائمة]. فأجابتني ابنتي: «آه، نعم...، إنه إحدى الأدوات التي تحملها إلى الخارج وتدور حول نفسها لقياس الرطوبة في الجو...». ووضح من لغتها أن صفها الدراسي خرج بالفعل إلى الفناء واستخدم الجهاز، وليس مجرد حفظ الاسم. وشعرت بالراحة النفسية عند سماعي ذلك منها، خاصة بعد كل المبالغ التي دفعتها ضريبة عقارية! لكن هذه القصة القصيرة توضح - وبشكل يقيني - مدى سهولة أن تحوِّل موضوعا علميا للتدريس إلى شيء مَواتٍ لا حياة فيه البتة.

وللأسف فإن تجربة ابن زميلي ليست حدثا معزولا منفردا. إذ ثمة تقدير يفيد بأن الطالب في الصف الثامن يلتقي على الأرجح في حصة تدريس العلم بكم من الكلمات أكثر من الكلمات التي يلتقيها في حصة اللغة الإنجليزية. وليست المسألة هنا، بالأولى، مسألة قائمة تناولها الطالب، وتتضمن أشياء لا

يعرفها غير اختصاصي الأرصاد الجوية، بل المسألة أن ما كان ينبغي أن يكون موضوعا حيا وحيويا وآسرا للاهتمام تحول إلى ممارسة جافة تعتمد على الاستظهار عن طريق التكرار من دون فهم. ويساورني خوف من أن طلابا كثيرين يظنون أن العلم هو هكذا، أي إن طالب الكلية يدرس 100 مصطلح، بينما طالب الدكتوراه عليه أن يستظهر ألفا. وهل لنا بعد هذا أن نستغرب أن الطلاب الذين عاشوا مثل هذا النوع من التعليم ينصرفون في النهاية عن الالتزام بالمقررات الدراسية الخاصة بالعلوم بأسرع ما يستطيعون؟

وحتى عهد قريب كنت ألقي بالقدر الأكبر من اللوم بسبب التعليم السيئ للعلوم في المدارس المتوسطة على كليات التربية مباشرة. ولا أزال حتى الآن أسمع بين الحين والآخر صدى للعبارة القديمة «نحن نعلم أطفالا، لا مواد دراسية» داخل الأوساط المهنية، على الرغم من أن الفكرة القائلة إن المعلم عليه أن يمتلك ناصية مادة الدراسة (علاوة على طرق التدريس) أضحت الآن أوسع انتشارا مما كانت. ونعرف أن جانبا من هذا الانحياز ضد مادة الدراسة يرجع إلى فكرة أن هدف التعليم، على الأقل في المدارس الابتدائية والمتوسطة، هو تعزيز وترسيخ تقييم الذات وجعل الطلاب يشعرون بالثقة بأنفسهم. لكن في مثل هذا الموقف تأخذ المواد الدراسية الصعبة، مثل العلوم، وضعا متدنيا بما أنها تشتمل على مخاطرة الفشل، وما يترتب على هذا من فقدان احترام النفس.

أود لو أقول إن هذا الاتجاه قد توارى وذوى في المدارس منذ بداية برنامج «لا لتخلف أي طفل»، لكن مناقشاتي مع المعلمين الذين يشاركونني الرأي جعلتني أشك وأرى رأيا آخر. إن فكرة أن المعلمين لهم رسم استراتيجية تهدف إلى أن تهيئ الفرصة لكل طفل لكي ينجح تبدو جيدة على الورق، لكنها تفترض أن جميع الأطفال يريدون النجاح في التعليم الرسمي التقليدي، وهو افتراض مشكوك فيه لو صح أن هناك شيئا كهذا. ويُفترض أيضا أن جميع المواد الدراسية يسهل امتلاك ناصيتها جميعا بالتساوي، وهو أمر ليس صحيحا على وجه القطع واليقين بالنسبة إلى العلم والرياضيات. وهكذا نجد أنفسنا في الأغلب الأعم في موقف تتعين فيه حماية الأطفال من الفشل بغية تعزيز صحتهم الانفعالية، من دون أن نطالبهم في الوقت نفسه ببذل جهد كاف يهيئ لهم إمكان التفوق الحقيقي في مواد دراستهم.

ونجد المثال الأخير للنتائج المترتبة على هذا النوع من المواقف معروضا في تقرير يحمل عنوان «تعليم العلوم والرياضيات في عصر كوكبي». ووضعت هذا التقرير جمعية آسيا Asia Society في العام 2006. ويعرض التقرير من خلال رسوم بيانية، جنبا إلى جنب، نتائج دراستين. تبين إحداهما النسبة المئوية من طلاب الصف الثامن في عدد من البلدان المختلفة الذين حصلوا على درجات متقدمة في اختبار معياري لتحصيل الرياضيات. ويكشف (من دون أن تدهش لذلك) عن أن الفائزين هم طلاب البلدان الآسيوية (سنغافورة وتايوان وكوريا الجنوبية وغيرها) بنسب مئوية تتراوح بين 24 في المائة و44 في المائة. وجاءت درجات الطلاب الأمريكيين 7 في المائة. ويعرض الرسم البياني الثاني النتائج التي حصل عليها هؤلاء الطلاب أنفسهم في اختبار الثقة بالنفس. هنا كان الأمريكيون في الصدارة، حيث 50 في المائة من طلابنا واثقون بأنفسهم وبأنهم متميزون في الرياضيات. (مثال للدلالة على ذلك هو أن أطفال جنوب أفريقيا الذين حصل 35 في المائة منهم على درجات متقدمة في الاختبارات العلمية، حصل فقط 20 في المائة منهم على درجات تؤكد الثقة بالنفس).

وللأسف فإنني التقيت كثيرين جدا من المعلمين (خصوصا من يعملون مديرين لمدارس ابتدائية ومتوسطة)، وبدا لي أنهم يرون أن هذه العملية التي تستهدف بناء الثقة في الفراغ بدلا من أن تتبني على أساس التحصيل الصلب هي - عمليا - الهدف الصحيح للنظام المدرسي. وأدركت أن هذا موقف محبط للغاية، ويكفي أن أشير إلى أن عينيَّ وقعتا مصادفة على مقال كنت كتبته في ثمانينيات القرن العشرين، وعلقت فيه على دراسة مماثلة أفضت إلى نتائج تماثل - على نحو مثير للأسى - تلك النتائج التي تضمنها تقرير «جمعية آسيا». وتوضح هذه الدراسة أن طلاب كوريا الجنوبية فرغوا أولا من اختبار تحصيل الرياضيات، وكان الأمريكيون هم الأخيرين. وعندما جاء الدور على تقييم عبارة «أنا متميز في الرياضيات» أجاب 68 في المائة من الطلاب الأمريكيين بالإيجاب، ما يشير إلى أن تعليمهم جعلهم في الحقيقة «يشعرون بالرضا عن أنفسهم». لكن عندما أجاب الكوريون الجنوبيون عن السؤال نفسه وجدنا 24 في المائة فقط منهم هم من أجابوا بنعم.

وثمة بوادر - لحســن الحظ - تشير إلى أن المحتوى في سبيله إلى أن يستعيد مكانته في المؤسســة التعليمية، وأضحت أغلبية الولايات تشترط الآن حصول المعلمين على درجة البكالوريوس في مبحث علمي محدد قبل مواصلتهم الدراســة المتقدمة الخاصة بالتعليم نفســه. وجدير بالذكر أنه قبــل بداية هذا التغييــر المحمود كان المعتاد هو توقــع أن يدرس المعلمون موضوعــات علمية ليســوا متمكنين منها. وطبيعــي أن أي معلم (بما في ذلك المؤلف نفســه) في مثل هذا الموقف سيشــعر بعــدم الارتياح، وكذلك ليس عســيرا أن ندرك صعوبة نقل الاهتمام (فضلا عن الحب) للعلم لدى الدارسين في مثل هذه الظروف.

وإخــال أن مثل هذا الموقــف يثير الانزعاج خصوصا لدى مســتوى التعليم الابتدائي. إن مســتوى المعرفة العلمية اللازم لتعليم تلميذ في هذا المستوى ليس أبدا مستوى رفيعا متقدما، ولنا أن نسأل في نهاية المطاف: ما مدى تعقد أسئلة تلميذ في السادســة من العمر؟ وأود أن أؤكد أن المطلوب بالنســبة إلى المعلمين هو أن يشــعروا بالراحة والألفة مع المادة الدراسية حتى لا ينقلوا إلى تلاميذهم إحساسهم بعدم الراحة (إن لم نقل الحرج والخوف). ومن ثم فإن ما يحتاج إليه حقا معلمو المدرســة الابتدائية هو إطار المعارف الذي ســميته «المعارف الأولية العلمية». وأذكر على ســبيل المثال أن ابنتي وقتما كانت في المدرســة الابتدائية أدركــت وزميلاتها وزملاؤها، بوضوح، أن معلميهم يشــعرون بعدم الارتياح وهم يدرســون وحدات دراسية عن الفلك. وقدمت إلى المدرسين برنامجين إرشاديين للتدريس بشــكل غير رســمي خــلال فترات ما بعــد الظهيرة عن هــذه المادة الدراسية، لم أقدم شيئا تقنيا متخصصا، بل فقط نوعا من الأفكار والموضوعات التي ســوف أدمجها فيما بعد ضمن مقررات المعارف الأولية العلمية. وأعطيتهم ما يكفي فقط لكي يشــعروا بالارتياح والألفة مع المادة الدراسية. وأخبروني بأن التجربة أدت إلى تحسن عملية التدريس على نحو يفوق كل تقدير.

وكثيــرا ما أتذكر هــذه التجربة عندما أفكر في إعــداد معلمي المدارس الابتدائيــة فــي معاهد التربية وإعداد المعلمين. وأتســاءل: كــم من المعارف العلمية الأولية والعامة ســوف تتضاعف إذا ما اشترط المسؤولون على جميع معلمي المستقبل تلقي مقرر دراسي في المعارف العلمية الأولية، بالإضافة إلى المقررات الخاصة بمناهج التدريس؟

وأخيــرا، حري بنا أن ندرك أن العلــم يجب ألا يبدو موضوعا غريبا لا يلقى ترحيبا في المدارس الابتدائية والمتوسطة. إذ لا شيء بطبيعته مناهض للعلم فيما يتعلق بالمراهقة. ويبدو لي أن الفتيان والفتيات في أوروبا واليابان قادرون على اســتيعاب كميات مــن المعارف العلمية التي لا تبدو اســتثناء مذهلا وفق المعايير الأمريكية. كذلك ليست المراهقة هي الفترة التي يشعر فيهــا الصغار - بالضرورة - بالرغبة في أن ينأوا بأنفســهم عن محاولات تبدو صعبة، إذ كم عدد الموسيقيين والرياضيين الذين أصبحوا منذ البداية جادين بشــأن مســتقبل حياتهم العملية خلال فترة المراهقة من عمرهم؟ ويبدو لي أن اهتمام الطفولة بالطبيعة من شــأنه أن يفيد كرأســمال ثمين يمكن للتلاميذ اســتثماره لتجاوز الفترة الصعبة، عندما يأخذ تعليم العلوم صورة أكثر صعوبة من مجرد مراقبة الخنافس والفراشات.

الآن، وقــد فرغت مما قلت، أرى لزاما أن أضيــف أن بعض التجارب الحديثة جدا بشــأن تطوير الكتب الدراســية (فضلا عن زواجي بمعلمة ماهرة في المدرسة المتوسطة) هيأ لي الوصول إلى تقييم جديد عن جوانب لتعليم العلم والتي لا تنبثق من العلم ذاته. لقد واتاني خاطر التنوير وأنا في مؤتمر منعقد في المقر الرئاســي لناشري ماكدوغال - ليتل في إيفانستون (قريبة من شــيكاغو). وتملك هذه الشــركة تاريخا طويلا في مجال نشر كتب دراســية للمدارس الابتدائية والمتوسطة في مواد دراسية مثل الأدب والتاريخ، وأنشأت فرعا للعلم. وكنت في الاجتماع شأني شأن «المرء القانع» إذ شــعرت، شــأن أغلبية العلماء، بأنه ما دام المحتوى في نصابه الصحيح فــلا حاجة إلى مزيــد. ودرت ببصري حول المائــدة، وأدركت أن كل واحد من الحاضرين، رجالا ونســاء، إنما حضر لأنه خبير في مادة ما - المقرر الدراســي، أو مســتوى القراءة أو اللغة الإنجليزية كلغــة ثانية... وهكذا. وفجــأة خطر ببالي أن مجرد توافر المحتوى الصحيح ليس ســوى عنصر واحد، وإن كان بالغ الأهمية، بل إنه جزء من صورة أكبر. وقلت في نفسي إننــا لكي ننجــح يجب أن يكون كل شــيء في وضعه الصحيــح، ولا نقنع بالمحتــوى فقط. وأود أن أقول إن هذه الخبرة هيأت لي تقييما أعمق مما كان لديَّ في السابق عن مشكلات التعليم قبل الثانوي.

علمتني هذه التجربة شـيئا هو أن الرؤى النقدية الشـعبية التي تلقي بالمسؤولية على المدارس وعلى المعلمين محدودة القدرة من حيث مساعدتها على حل مشـكلة المعارف الأولية العلمية، وسـوف يتضح لنا ونحن نمضي في طريقنـا قدما صاعدين السـلم التعليمي في هـذا الفصل أن هناك كثيرا من أسـباب اللوم المختلفة. وتجدر الإشـارة إلى أن الموقف المعياري الـذي أصادفه بين الأقلية من زملائي في الجامعـة، ممن يعنيهم التعليم قبل الثانوي، يتمثل أساسـا في عبارة «حسـن، هاهو العلم، وهاهنا نهاية مسـؤوليتي». لكن العلمـاء يجب أن يكونوا، على أقـل تقدير، أكثر إدراكا للتعقـد غير المحدود للمشـكلات غير العلمية التـي يتضمنها التعليم في المدارس الابتدائية والمتوسطة، وربما أن يكونوا أيضا أقل ثقة بأنفسهم من حيث سلامة الرأي. وأقول صراحة: إنني لا أعرف أيا من علماء الجامعات لديه القدرة على الصمود يوما واحدا مع الصفوف الدراسـية لتلاميذ في الثالثة عشرة من العمر، أو أعرف أنني كذلك.

وحري بي أن أشـير إلى أننـي إذا ما أردت توضيح هـذه النقطة في محاضرة عامة، فإنني كثيرا ما أوضحها لنفسي نظرا إلى سهولة الحديث إلى جمهور كبير من المسـتمعين. وهذا مـا أفعله دائما. ثم أقول بعد ذلك – وبصـدق كامل – إن المرة الوحيدة التي يواتيني فيها الخوف قبل الظهور أمـام جمهور عام هي المرة التي أجد فيها لزاما عليَّ أن أتحدث إلى ابنتي التي هي في الصف الثالث عن المغناطيسية.

وأحسب أن في هذا الكفاية.

المدرسة الثانوية

هنا لا نجد – فيما يبدو – أي سـبب وحيد يبـرر التحول الكبير، لكن يبدو لي أن المدارس إذا تقاعست عن تقديم العون فلا أقل من أن تكف عن إحداث أي ضرر. وتشير كل الدلائل – للأسف – إلى أنها لا تؤدي حتى هذا الدور الحيادي. إذ إن سـنوات التعليم في المدارس الثانوية هي اسـتطراد للعـزوف عن العلم الذي بدأ فـي مرحلة مبكرة. وهكذا نجد 23 في المائة فقط من طلاب المدرسـة الثانوية الأمريكية هم من يتلقون ثلاث سـنوات

مقررات في كل من مادتي الرياضيات والعلوم، وأقل من 15 في المائة منهم يدرســـون مقررا في الفيزياء. ونلحظ أن الطلاب حين يدرســـون مقررات من هذا النوع إنما يدرسونها فقط للوفاء بشروط الالتحاق بالكلية، وليس التزاما بالشروط التي فرضتها الولاية أو المجالس المحلية للمدارس.

والشيء الأشـــد غرابة هو أن التركيز على شروط الالتحاق بالكليات يمكن أن يؤدي إلى الإضرار بتعليم العلم بوســـائل أخرى. ويســـود اعتقاد (أراه صحيحا) هو أن مقررات دراســـة العلم دراســـة جـــادة صعبة على كثيريـــن. وهكذا فإن الطلاب الذيـــن يتلقون مقررات في العلوم أكثر مما هو ضروري بشكل مطلق إنما هم في الواقع يخاطرون بمتوسط الدرجات التي يحصلون عليها، ومن ثـــم يكون التحاقهم بالكلية على المحك. معنى هذا أنـــه في الوقت الذي يكون لسياســـات الالتحـــاق بالكليات دور في حفز طلاب المدرســـة الثانوية على تلقي مقررات دراســـية في العلوم، إذا بهـــا أيضا لها دور في صرفهم عنها. لكن ســـواء تعلـــق الأمر بالالتحاق بالكليات من عدمه تظل الحقيقـــة الواقعة، وهي أن الطلاب الأمريكيين مـــع التحاقهم بالمدرســـة الثانوية يكونون في وضـــع يحفزهم على تجنب العلم حيثما كان ذلك ممكنا، فضلا عن أن المدارس الثانوية لا تبذل سوى القليل من الجهد لتغيير الموقف.

ووفـــق تقديـــري فإن تعليـــم العلم، علـــى الأقل في مـــدارس الحضر والضواحـــي داخل المقاطعات ذات التمويل الجيـــد، للطلاب الذين يتلقون مقـــررات دراســـية تمهيدية في المدارس الثانوية يســـير فـــي وضع جيد. ونعـــرف أن معلمـــي المدارس الثانويـــة يؤثرون تلقي عـــدد محدود – على الأقل – من المقررات الخاصة بالمباحث العلمية التي يدرســـونها والحصول على شـــهادة خاصة بمادة الدراسة. علاوة على ذلك، أفاد تعليم العلم في المدرســـة الثانوية من واقع أن كليات الجامعات كثيـــرا ما تعيد النظر إلى المراحل الأولى من خط الأنابيب وصولا إلى المدرســـة الثانوية وتشـــارك، من باب الحرص المســـتنير على المصلحة الذاتية، في تعلم العلم بالمدرســـة الثانوية. جدير بالذكر أن مقرر دراســـة الفيزياء الذي حددته لجنة دراسة علـــم الفيزياء التـــي تحدثت عنها في الفصل الثامن يســـتخدم على نطاق

واسع بين أفضل الطلاب العازمين على الدراسة العلمية. وتلوح اليوم بعض الدلائل التي تشـير إلى موجة جديدة من الاهتمام ربما توجه أنظار علماء الجامعات ثانية إلى المدارس الثانوية لتكون محط اهتمامهم.

لكن حتى لا يتولد لدينا إحساس بالزهو الكاذب حري بنا أن نوضح أن القدر الأعظم من الاهتمام البادي اليوم بتعليم العلم يستهدف تخريج علماء ومهندسين للمستقبل، وليس معالجة المشكلة العامة الخاصة بمحو الأمية العلمية. ويبدو في الواقع، وبالنسبة إلى الطلاب ممن هم خارج صفوف الفرق الأفضل المعنية بدراسة العلم، أن القوى المؤثرة في المدارس الثانوية تعمل متحالفة وبقوة ضد اكتساب المعارف الأولية العلمية. ونظرا إلى أن المدارس المتوسطة لا تبذل أي جهد للحيلولة دون التحول السلبي الكبير فإن الطلاب غالبا ما يدخلون المدرسة الثانوية ولديهم الرغبة في تجنب العلم قدر المستطاع. ويجدون أنفسهم في مواجهة عروض عن العلم مجزأة ومقسمة إلى أقسام مستقلة بعضها عن بعض، ومطلوب منهم انتقاء أحدها لدراسته بغية «استيفاء شرط العلم». ويجدون أنفسهم مجبرين على الاختيار بين مقررات تحمل اسم الفيزياء والبيولوجيا والعلوم العامة وعلوم الأرض وغير ذلك. ويقع الاختيار على ما يرونه الأفضل بذكائهم، في ضوء أسلوب عمل المنظومة الدراسية. ويعمدون إلى اختيار الحد الأدنى من المقررات اللازمة من بين المقررات التي شاع عنها أنها الأسهل، وهو الأسلوب الذي يتكرر عند التحاقهم بالكليات.

وهنا نشير إلى أن تجزئة العلم إلى قطاعات يقصي أحدها الآخر (فيزياء، كيمياء، بيولوجيا، فلك... إلخ)، مع اقتران ذلك بفكرة أن الطلاب في حاجة إلى أن يدرسوا فقط أقل القليل منها ليتعلموا العلم إنما يمثل ظاهرة تطفو على السطح لأول مرة في المدرسة الثانوية. وتعود إلى الظهور في صورة أشد ضررا في المستوى الجامعي. وسوف أناقش فيما بعد تهافت هذه الفكرة عقلانيا، لكنني أكتفي الآن بالإشارة إلى أن الطلاب الذين اختاروا - كمثال - دراسة علوم الأرض سيكونون على الأرجح عاجزين عن قراءة مقال عن الهندسة الوراثية وفهمه، بينما من اختاروا دراسة البيولوجيا ربما يجدون أنفسهم ضائعين حين يتعلق الأمر بفهم زلزال وقع في سان فرانسيسكو.

إننـــا، في أفضـــل الأحوال الممكنـــة، نتوقع أن يكون خريجو المدرســـة الثانويـــة حاصلين على المعارف الأولية العلمية، أي مُحيت أميتهم العلمية، إذ ليس شـــرطا أن يحصل المرء على درجـــة الدكتوراه لكي يقرأ صحيفة. لكن في ضوء نظام المواد الدراسية الاختيارية المقسمة إلى أقسام مستقلة بعضهـــا عن بعض نجد أن أفضل ما نتوقعه هـــو ألا يكون الطالب عازفا عـــن العلم في المدرســـة الثانوية. ويبدو واضحا أن لا ســـبيل تقريبا أمام الطالب الأمريكي من خريجي المدرســـة الثانوية لاكتساب المعارف العامة التي تشـــكل قواسم الإطار العام الضروري للمعارف الأساسية. والحقيقة أننا فـــي ضوء النظام التعليمي الابتدائي والمتوســـط، الذي فرغنا لفورنا من تحليله، لنا أن ندهش إذا ما وجدنا أي شخص في بلادنا تتوافر لديه الثقافة العلمية.

الجامعة

وماذا عن الجامعات؟ النظرة السائدة عن التعليم العالي الأمريكي، عن حق تماما، أنه الأفضل في العالم، خاصة على المســـتوى الجامعي. يلتحق الطالب بالجامعة وقد تهيأ بالفعل لحياة العمل في العلم أو الهندسة، وقد توافرت له المصادر وأوقات الدراســـة التي تتزايد كمياتها أكثر وأكثر على امتداد خط الأنابيب الذي يتقدم معه الطالب وفق مراحل دراســـته. لكن، وكما كانت الحال في المدارس الثانوية، لا نجد اهتماما بمشـــكلة تعليم من لم يخططوا لأنفسهم ليكونوا علماء.

ولقـــد توافرت لـــي، بحكم عملي عالما بالجامعـــة، فرصة كافية لأرى كيف تكون ردود أفعال زملائي إزاء مشـــكلة تعليـــم غير العلماء. ومن ثم اســـتطعت، بناء على ذلك، أن أطور بعض الأفكار المحددة (وإن خلت من المجاملة) عن الأســـباب في أن الجامعات لا تبذل ســـوى جهد ضئيل من أجـــل إعداد جمهور توافـــرت لديه المعارف الأوليـــة العلمية. وأحد هذه الأسباب هو التدني الشديد لحالة تعليم المواد الدراسية (بما فيها العلم) في جامعاتنا. والآخر التحالف الغريب الذي نشأ لمعالجة مكانة العلم في المقرر الدراسي العام.

وتسـود نظـرة عامة، إن لـم نقل مثالية، عـن الجامعات التـي نرى فيها مسـتودعات المعرفة البشـرية، والحصون المغطاة بشـجر اللبلاب المخصصة للتعليـم حيث تتراكم حكمـة ثقافتنا وتنتقل منها إلى الجيـل التالي. وأعترف بأننـي اقتنعت بهذا المثل الأعلـى، وكم أود أن تقترب منـه جامعاتنا. لكن إذا ما ذهب بك الظن إلى أن الجامعات الكبرى في القرن الواحد والعشـرين هي السـاحات التي يناقش فيها الطلاب معنى الحياة، وهم يمشـون الهوينى عبر الغابات في رفقة أسـاتذة ذوي شعر أشيب، فإنك من دون شك لم تعرف - من كثب، ولفترة طويلة - حال الجامعات أخيرا. وأتذكر هنا حفل عشاء شاركت فيه منذ سـنوات في إحدى الجامعات الكبرى في الشـمال الشرقي. وتحدث أحد الضيوف غير المنتسـبين إلى الجامعة، وأوضح أنـه ظن أن تعليم الطلاب قبل التخرج له الأولوية القصوى في هذه المؤسسة تحديدا. وبعد لحظة من الصمت الخجول الـذي ران على الحضور من أبناء الجامعة، نهض أحد كبار أسـاتذة قسم علم النفس وابتسم ابتسامة حزينة وقال «ملاحظة مؤثرة للغاية».

إن مـا أثار حالة الصمت الخجول والملاحظـة التهكمية - إلى حد ما - التـي أعقبت الصمت هو إدراك أن التعليم في جامعات اليوم، خصوصا تعليم الطلاب قبل سـن التخرج، لا يحظى بأهميـة كبيرة. وواقع الحال، ووفـق وجهة نظر هيئات التدريس الجامعـي، لم تعد وظيفة الجامعة هي التعليم، بل توفير الدعم للكلية لإنجاز البحوث.

ولكـي تفهم ما أعنيه بهـذه العبارة، حري بك أن تـدرك أن هناك عمليا جامعتـين، وإن بدا ذلك عسـيرا، فـي كل حرم جامعـي، إحداهما الجامعة المرئية (المباني والطلاب والكلية وهيئة التدريس)، وطبيعي أن الجامعة المرئية هي التي نتحدث عنها في كل الأوقات تقريبا، سـواء عند مناقشـة السياسة التعليمية، أو حظوظ فريق كرة القدم أو أحدث الإضافات إلى سـاحة التقانة العليـا الصناعية عند نهاية الطريق. ويمكن القول، من وجهة نظر فكرية، إن الجامعة المرئية منظمة على نحو أفقي ولها أفرع معرفة مختلفة متجاورة.

ولكن توجد جامعة غير مرئية أيضا، مؤلفة من عدد كبير من الكليات غير المرئية المتوازية، ولكن لا رابط بينها. وتتألف هذه المؤسسات غير المرئية من باحثـين تتركز جهودهم في مجال بعينه. مثال ذلك الفيزيائيون المتخصصون

فـــي الطاقة العالية، إذ يؤلفون معا كلية غير مرئية، ويؤلف علماء البيولوجيا الجزيئية كليـــة أخرى، ويؤلف الباحثون الاقتصاديـــون النظريون كلية ثالثة. ويتجمـــع عدد من الكليات غير المرئية الصغيـــرة لتؤلف معا كليات كبرى، إذ يمكن لخمسة أو ستة تخصصات فرعية أن تنضم إلى بعضها لتؤلف - كمثال - الكلية غير المرئية للفيزيائيين. معنى هذا أن الكليات غير المرئية هي - إلى حد ما - المكافئ لأقســام الجامعة: الفيزياء واللغة الفرنســية والإنجليزية، وهكذا. وتؤلف معا ما أسميه الجامعة غير المرئية. لكن الجامعة غير المرئية، على خلاف نظيرتها، منظمة على نحو أفقي وفقا لمادة الدراسة.

جديــر بالذكر أن كل عضو في الكلية مدين بالولاء لكل من الجامعتين. وأظــن أن هذا كان موقف الباحثين منذ نشـــأة الجامعـــات أول الأمر في أواخر العصر الوســيط. ولقد كان هناك دائما قــدر معين من التوتر بين الولاءين، نظــرا إلى أن كلا من الجامعتين لهـــا مطالب مختلفة، ذلك لأن الجامعة المرئية معنية بتعليــم الطلاب الذين التحقوا بها مثلما هي معنية بكل شيء، ابتداء من الألعاب الرياضية وحتى إصلاح المقررات الدراسية. لكن الجامعة غير المرئية على خلاف ذلك، إذ إنها معنية بشيء واحد فقط، هو البحث العلمي المتعمق.

وتمثل الحياة بهذه المطالب الانفصامية التحدي الأعظم للحياة الأكاديمية. ولكـــي نعرف لمـــاذا، حري بنا أن نتأمل واقع أن شـــهرة الجامعـــة تعتمد أولا وأساسا على شهرة أعضاء كل كلية على حدة. إن كل خبرات الحياة الأكاديمية الحديثة، الدعم المالي الفدرالي للبحث العلمي والدراســـات العليا، والمشاركة الفاعلـــة في البرامج الوطنية والدولية، والتنويه المحمود في المنشـــورات ذات المكانة، كل هذه الخبرات من فيض الشـــهرة. ولهذا تحرص الجامعات المنشأة حديثـــا والجامعات العريقة علـــى المحافظة على مكانتها فـــي هذا الاتجاه. ولذلك فـــإن الكلية ذات المكانة الرفيعة تجذب الأنظار، ويتودد الآخرون إليها بالحماس نفسه الذي نشهده مع الجولة الأولى لفريق الكرة القومي.

وحـــدث منـــذ الحرب العالمية الثانية تحول أساســـي فـــي العلاقة بين الجامعتين، في حدود ما يتعلق بقدرتهما على التأثير في سمعة كل منهما، وإن اســـتقر توازن القـــوى الآن - وبقوة - لمصلحة الجامعـــة غير المرئية.

وكذلك فإن الحكم على شـــهرة أعضاء أي كلية إنما يتم فقط على أساس المشـــاركة الجادة في الجامعة غير المرئية. لكن مصطلح الشهرة أو الموقف البحثي العلمي، ربما يبدو مفهوما غامضا يصعب تحديده بدقة. ومع ذلك فإنك إذا ما ســـألت أعضاء الكلية غير المرئية فإنهم عادة يعطون تقييمات متماثلة لعضو آخر تماما مثلما يحدث مع أعضاء فريق رياضي، إذ يتفقون على شـــخص يرونه المعبر عن زعامة أعضاء الفريق حتى إن لم يستطيعوا تقديم تعريف دقيق ومحدد للمصطلح.

وأيا كان التقييم الذي تنتهي إليه الكليات غير المرئية، فإن شيئا واحدا نـــراه واضحا: التقييم هو كل ما يهم الآن في الجامعة الحديثة. إن أعضاء الكلية لكي يؤسسوا شـــهرتهم في الجامعة غير المرئية يتعين عليهم إنجاز البحـــوث ونشـــرها، وكما يقول المثل الســـائر «النشـــر أو الاندثار». جدير بالذكر أن الوســـائل اللازمـــة للبحث العلمي (مثل مِنـــح البحث الفدرالية والزمالة وما شابه ذلك) تمنح وفق عملية معروفة باسم «الفحص الدقيق». وتُجتاز مقترحات البحوث الخاصة بأعضاء الجامعة غير المرئية (دون ذكر أســـمائهم عادة) في ضوء الفحص الدقيـــق، وبفضل إثبات تقييم الجامعة غيـــر المرئية على الطلب المقدم من صاحب المقترح. وهذه العملية نفســـها هـــي أداة الحكم على ما ســـوف يُنشَـــر في الصحف العلميـــة ذات المكانة المتميزة. ومن ثم فإن البحث الذي يجريه الباحث ومكان البحث، بل وإجازة نشره، كل هذا رهن حكم الجامعة غير المرئية.

وبدأت أهمية الجامعات غير المرئية تزداد منذ أواخر القرن التاسع عشر، وهـــو الوقت الذي بدأ تحوُّل الجامعات فيه إلى مراكز بحوث وتنظيمها إلى أقسام. ومنذ ذلك التاريخ وهي تعمل كأنها – بدرجة أو بأخرى – في مرحلة تمهيدية معنية فقط بالبحوث العلمية، وهي في الحقيقة لا يمكنها أن تعمل بأسلوب آخر: إذ كيف يتسنى لإحدى الكليات في لندن أن تعرف، فضلا عن أن تُقيِّم، مهمة التدريس لأحد الأساتذة في كاليفورنيا؟ لكن وإلى أن حدثت الانتعاشـــة الكبرى للبحث العلمي عقب الحـــرب العالمية الثانية، كان تقييم الجامعـــة غير المرئية يتوازن دائما مـــع تقييم معادل له يصدر عن الجامعة المرئية. وتتضمن هذه المعادلة للتقييم، التي تنبني على أساس واسع النطاق،

مــواد عديدة من مثــل التدريس والخدمات التي يجــري تقديمها للجامعة والمجتمــع المحلي. لكن اليوم تهيمن قيــم الجامعة غير المرئية على قرارات نظيرتها المرئية. ويمتد التأكيد على الشــهرة والبحوث العلمية بحيث يؤثر حتى في القــرارات الداخلية للجامعة المرئية الخاصــة بالتطوير والمكانة. وتنجز هذه العملية عادة لجنة تحمل اســم الترقي والتعيينات P&T. وأول شيء تســتهل به اللجنة عملها هو «استطلاع مصادر التوثيق الأولى، وهذه عبارة اختزالية تعني ســؤال عدد مختار من أعضــاء الجامعة غير المرئية لتقديم تقييم من دون ذكر الاســم عن موقف المرشــح بالنسبة إلى نظرائه. وطبيعــي أنه في حالة عدم وجود تعقيبات إيجابية من هذه المصادر يصبح الترقي أمرا غاية في الصعوبة في جامعة اليوم.

وتتصف اســتجابة الكليــة إزاء هذه الأمور بالعقلانيــة، وإن كانت مؤســفة، إذ لو أن الترقي والولاية والراتب ســوف تعتمد فقط - وإلى حــد بعيد - على الموقــف البحثي العلمي فإن هــذا يعني أن ما يتعين فحصــه هو فقط الموقف البحثي. ونظرا إلى أن الموقف البحثي تحدده الجامعــة غير المرئية فســوف تنجــز الجامعة غير المرئيــة كل الأمور والموضوعــات التي تخضع لتقييمها. وأي شــيء آخر أقرب إلى الفهم من هذه الاستجابة.

وللأسف فإن الســلوك الذي يفيد على أرجح تقدير الفرد من أعضاء الكليــة هو تحديد الســلوك الذي يفيــد على أدنى ترجيــح تعليم طلاب الجامعات قبل ســني التخرج. والملاحظ في الحقيقة على مدى الخمسين عامــا الأخيرة حالة من الفرار الجماعي من التدريس في كليات جامعتنا. وطبيعــي، وفــق ما يمكن أن يتنبأ به أي اقتصــادي أو عالم نفس أنه حين تنشأ منظومة لإثابة ســلوك معين ومعاقبة آخر فإن السلوك المثاب سوف يهيمن عمليا. ونلحظ في هذه الحالة أن إثابات الحياة الجامعية تتجه إلى مــن ينجحون فــي البحث العلمي، نظرا إلى أن هــذا هو مناط تركيز جل الجهد الأكاديمي. ونعــرف أنه في صيف 2007 أصدرت جامعة هارفارد تقريرا بشــأن ســيطرة هيئات التدريس في تلك المؤسسة بهدف التصدي للمبالغة في التأكيد على البحث، وهو الأمر الذي ناقشناه هنا. وعلق أحد

الفيزيائيين على الموقف الراهن بقوله: «أتمنى حظا سعيدا لزملائي في هارفارد وإنجاز التوصيات الواردة في هذا التقرير الجديد، لكنني صراحة لست متفائلا جدا بشأن فرص النجاح» [1].

وكم هي عسيرةٌ المبالغة في تقييم الآثار السلبية التي تركها التأكيد على البحوث وأضرت بالتدريس على المستوى الجامعي. والمسألة حسبة بسيطة على أحد المستويات. اليوم به 24 ساعة فقط، وطبيعي أن أي وقت يخصصه الباحث الأكاديمي لتحسين التدريس هو بالضرورة وقت لا سبيل إليه ليقضيه في عمل بحوث. وهذه حقيقة تعترف بها صراحة أغلبية الجامعات. ونذكر على سبيل المثال أنه في مطلع سبعينيات القرن العشرين تلقى أستاذ مساعد جديد بإحدى الجامعات الكبرى نصيحة صادقة الود من رئيس القسم الذي يتبعه، إذ قال له: «إذا قضيت أكثر من 10 في المائة من وقتك في التدريس فإنك بذلك ستضر بفرص الترقي إلى أستاذ». وحتى أكون أمينا تماما فإنني سوف أقدم النصيحة ذاتها لأي عضو من أعضاء هيئات التدريس ممن يلتحقون بأي جامعة اليوم. هذا على الرغم من أنني قد أرفع النسبة المئوية من 10 في المائة إلى 20 في المائة. وهذا ليس من قبيل السخرية، بل مجرد تقييم بسيط لأسلوب المنظومة في العمل.

وجدير بالذكر أن نظام الإثابة الذي وصفناه يعمل بكل قوته في أقسام العلوم، وربما أكثر من أي مجال آخر. ونلحظ في الواقع أنه خلال العقدين الأخيرين حدث مزيد من الصقل والتشذيب بحيث لا يكون الحكم على أعضاء هيئة التدريس في الكلية على أساس جودة البحث أو عدد المنشورات، بل على أساس كم الدولارات الممنوحة لأبحاثهم. أو لنقل - بعبارة أخرى - أنه أصبح ممكنا الآن في كثير من أقسام العلوم أن يتحقق شعار النشر أو الاندثار.

ونلحظ أن الأغلبية العظمى من الجامعات تتحدث بلسان معسول عن أهمية التدريس، لكن عند الأزمة تدرك الكلية أن البحوث هي الأهم. وأشهد أنني طوال خبرتي العلمية الأكاديمية لم أسمع أبدا عن أن أستاذا رُقي على أساس التميز في التدريس، بينما سجله البحثي يؤكد أنه غير

كاف. بيد أنني شهدت العديد من الحالات حيث العكس هو الصحيح، بمعنى أن الباحث الجيد يُرقى على الرغم من واقع أنه كارثة محدودة داخل قاعة الدرس. ويسعني الآن أن أتذكر ما حدث من تبادل للرأي في ختام اجتماع ممتد ومشحون بالضغينة عقدته لجنة الترقيات والتعيينات في إحدى الجامعات الكبرى، إذ أكد أحد الأعضاء أن الجامعة اشترطت التميز في كل من المنح الدراسية والتدريس. لكن عضوا آخر مؤرخا عازفا كثيرا عن الأسلوب المنمق في الحديث، وقد انتهى الاجتماع الطويل إلى خفض مستواه أكثر مما كان، انفجر في الحديث قائلا: «هذا [كلام خارج محذوف]. نحن نطالب بتميزهم في البحث وألا يسيء تدريسهم إلى سمعة البيت». ويبدو لي أن هذا تقييم منصف، وإن بدا فظا، للتقييم النسبي الذي نعزوه إلى الرسالتين الرئيسيتين للجامعة الحديثة.

وإذا كان تشوش القيم في وقت الترقي هو النتيجة الوحيدة الناجمة عن المبالغة في التأكيد على الموقف البحثي، فإن هذا سوف يمثل مشكلة، وليس كارثة بالضرورة، للتعليم الجامعي. وأن الأخطر هو الموقف الذي ينطوي على الازدراء تجاه التدريس والذي يشجعه الوضع الراهن. ويحدث كثيرا جدا ألا تقتصر النظرة إلى التدريس على أنه شر لا بد منه، واستغلال مؤسف للوقت في غير موضعه، وهو الوقت المخصص للبحث، بل وباعتباره نشاطا لا يمثل النجاح فيه دليلا واقعيا على عدم الملاءمة للحياة العملية الأكاديمية. وكثيرا ما يسمع المرء في زوايا وأركان بعيدة داخل نادي هيئة التدريس ثرثرات سوداوية عن زملاء حظيت مقرراتهم بأعداد كبيرة من الطلاب المتحمسين. ومناط الشك هنا هو أن المقررات لا بد من أن تكون جذابة نظرا إلى أن درجاتها قُدِّرت بسهولة، ومحتواها الفكري قليل.

ويوجد عمليا قدر ضئيل جدا من سياسة الجامعة الملتزمة بهذا الموقف، ولذلك أرى من الأفضل أن أتناول ذلك بالتوضيح. نلاحظ في الجامعات كقاعدة عامة أن عدد الطلاب المقيدين في قاعات الدرس بها يمثل أحد المؤثرات القوية لتحديد حجم القسم الأكاديمي. ويجري قياس هذا العدد على أساس ما يسمى إف. تي. إي. FTE (معادل التفرغ full-time equivalent). والملاحظ أن المعادلة التي تربط الطلاب بمعادل التفرغ معقدة وتتباين قليلا

من مكان إلى آخر. ولكنها بشكل نمطي كما يلي: 100 المستوى الأدنى من الطلاب الجامعيين قبل التخرج، و30 المستوى الأعلى للطلاب قبل التخرج، أو 10 - 15 طالبا خريجا، وبذا يكتمل العدد الذي يبرر منصبا واحدا من أعضاء هيئة التدريس. (وإذا تساءل القارئ كيف يتسنى للجامعة أن تُقيِّم البحوث وتعلي من قيمتها على ما سواها بغير توزيع المناصب وفق عدد المقيدين، فإن كل ما يمكن أن أقوله «مرحبا بعالم الدراسات الأكاديمية العجيب»!).

وإذا ذهبت إلى العميد بشأن وظيفة شاغرة وتعيين باحث بارع حديث التخرج فإن الشيء الوحيد الذي يحرص عليه العميد هو النظر إلى عدد معادل التفرغ الذي يبرره عدد المقيدين. ونظرا إلى أن أقسام العلوم تضم عادة فئات صغيرة العدد، فإنها تشعر غالبا بأنها في وضع غير موات إزاء مثل هذا الموقف. معنى هذا أن العالم الذي يجذب أعدادا كبيرة من الطلاب تعلي الكلية من قيمته، نظرا إلى أن هذا العدد من الطلاب سوف يسمح للقسم بأن يتقدم في أداء وظيفته البحثية. والعلماء بشر، ما يعني أن المرء سيكون موضع نظرة بها قدر من الشك (ولا بد أنه مقدم على عمل شيء ما غير صواب)، وكذلك موضع غيرة صريحة.

والملاحظ عمليا أن الأقسام الأكاديمية لا تعلي دائما وبالضرورة من قيمة أعداد القيد الضخمة، على الرغم من إسهاماتها لمعادل التفرغ الخاص بالأقسام. وجدير بالذكر أن باحثا مشهورا (ليس عالما بل محاضر نابه) في إحدى الجامعات الكبرى في الوسط الغربي، وجد أن أعداد القيد في مقرره الدراسي تجاوزت 300. هنا ذهب إلى رئيس القسم يطالب بمساعدة إضافية في مجال السكرتارية للحفاظ على قائمة القيد للدراسة. وتلقى الإجابة التالية: «لماذا لا تتشدد قليلا حتى ينخفض عدد المقيدين؟».

وكم هو مؤسف أنه يكاد يكون من المستحيل المبالغة في تقييم حالة التدني التي وصل إليها التدريس في الجامعة الحديثة. ونعرف أن إعطاء الباحث عبئا خفيفا في التدريس يمثل أعلى المكافآت قيمة من المكافآت تلك التي تعطيها له إدارة الجامعة. وجدير بالذكر أنه في جامعات كثيرة، من أرفع الجامعات مكانة، نادرا ما يحظى الطلاب برؤية عضو هيئة التدريس ذي الشهرة الواسعة، هذا إذا حدث ودرس أصلا. إن مثل هؤلاء

يدرســـون فقط لحلقات البحث الخاصة بالخريجين، التي ترتبط مباشرة بموضوعات بحوثهم هم. ويكفي أن نســـأل أي طالب قبل التخرج عما إذا كان يتذكر آخر وقت شـــاهد فيه عالما حائزا جائزة نوبل. وهكذا فإن أحد معالـــم النجاح في الحياة الأكاديمية هـــي أن تدرس عددا من المحاضرات أقل من زملائك.

وثمة حكايتان توضحان هذه الفكرة. عالم فيزياء مشهور (حصل أخيرا علـــى جائزة نوبل) في إحدى المؤسســـات قضى وقتا طويلا يشـــرف على تجـــارب في مختلف أنحاء العالم، حتى أنه كان يشـــار إليه بعبارة «إنه في حالة ســـفر». في المناســـبات النادرة التي يعود فيها إلى قاعدته في بلاده ليدرس في حلقة دراسية للخريجين.

وفي جامعة أخرى نجد أحد كبار أســـاتذة إحدى الكليات، الذي اعتاد أن يعبـــر صراحة عن ســـخطه بالتأكيد المبالغ فيه علـــى البحوث والمكانة المتدنيـــة للتدريس فـــي جامعته المحلية، قدمت له مؤسســـة أخرى عرضا مغريـــا، وإذا بإدارته المحلية تقدم له عرضـــا مقابلا تضمن من أهم بنوده عبئا تدريسيا منخفضا جدا.

وطبيعـــي أن حالة التدني العام في التعليـــم الجامعي أثرت في جميع مجالات الدراســـة، ولكنها أدت إلى عدد مـــن النتائج المختلطة في العلوم. وســـبب ذلك أن مقررات دراسية كثيرة في أقسام العلوم مخصصة لتدريب علمـــاء المســـتقبل. لذلك من المألـــوف أن نجد مقررات دراســـية تمهيدية تســـتهدف المتخصصين في العلم، ويتولى تدريســـها كبار الأســـاتذة ذوي الخبـــرة. وهذه فـــي الواقع ظاهرة تـــكاد تكون عامة في أقســـام الفيزياء المتقدمـــة. ويعتبر تدريس هذا النوع من المقررات التزاما يقترن بالأقدمية، مثل مســـؤولية العمل في اللجان. وحري بنـــا النظر إليها باعتبارها ذروة التزام النبالة. وعلى الرغم من أن هناك دائما فرصة للتحسن فإن انطباعي أن تعليم علماء المستقبل في جامعاتنا في وضع جيد جدا.

ولكن حين يصل الأمر إلـــى التدريس لغير المهنيين، فإن الحواجز التي تواجـــه علماء الجامعة تبدو مروعة في الحقيقة. والملاحظ أن الأنشـــطة التي تســـتهدف رفع رصيد البلد من المعـــارف الأولية العلمية غير مجدية

كثيــرا من حيث ما تضيفه إلى بحوث أي امرئ كان. إنها لن تســاعد المرء على النشر، وغير معنية بطبيعتها بفئة التزام النبالة المسؤولة عن مقررات علــم «حقيقيــة». هذا فضلا عــن أنها يقينا لا تفيد مــن حيث ما يحققه البحــث من عائد مالي. ولنــا أن نقول في ضوء الموقــف الراهن: كم هي مجازفة نزقة فــي الحقيقة إذا ما عكف أعضاء هيئة التدريس على بحث المعارف الأولية العلمية.

وغنــي عن البيــان أن هذا الوضع مدمر، خصوصا فــي نطاق العلوم، وذلــك لأن الطــلاب ما لم تســتهوهم مقــررات العلوم الدراســية بفضل التدريــس الجيد فإنهم لن يقبلوا عليها طوعا. وإذا ذهب بك الظن إلى أن الجامعات سوف تحاول تخريج طلاب مثقفين علميا، بغض النظر عن حال جموع الطــلاب عند الالتحاق فإنها، على الرغم من ذلك، لن تفعل. ولهذا ظهر أخيرا بحكم الأمر الواقع حلف غير مقدس (وإن كان لاشــعوريا) بين أســاتذة العلوم والإنســانيات والطلاب. وخلق هذا الثالوث منظومة يمكن فيها للطالب أن يتخرج في الجامعة وهو لايزال غير مدرك لأهم الحقائق الأساســية عن العالم الفيزيقــي الذي نعيش فيه وعــن التكنولوجيا التي تصوغ حياتنا. وأقر بأنني في الواقع شــاهدت دراسات تشير إلى أن الثلث تماما من طلاب الجامعات بوســعهم الحصول على درجة البكالوريوس من دون أن يدرس أي منهم مقررا واحدا في العلم على الإطلاق.

إنني، لكوني عالما، أدرك جيدا الدور الذي قمت به أنا وزملائي في هذه القصة المؤســفة. كثيرا ما يتحدث العلماء عن تعليم العلم في هذه الأيام، لكنك إذا ما أنصت جيدا للحديث فسوف تكتشف أنهم في الحقيقة يناقشون مشكلة خلق وتدريب الجيل التالي من العلماء والمهندسين أو جذب الطلاب وتحبيبهــم في العلم. وســبق أن أوضحنا أن هذه مشــكلة ملحة وعاجلة، لكنهــا لن تفيد كثيرا في مجــال المعارف الأولية العلميــة. وحقيقة الأمر أنه خلال عملية تدريب دارســي العلم فإنه يلتقي مرارا موضوع الدراســة ذاتــه، حيث يكون كل اســتعراض تال أكثر إغراقا فــي الرياضيات وأكثر تعقيدا من الســابق عليه. مثال ذلك أن دارس الفيزياء يدرس أساســيات الكهرباء والمغناطيســية (مع اســتخدام الحد الأدنى من حساب التفاضل)

خلال السنة الثانية الجامعية، ثم يدرسها في المستوى المتوسط (مع حساب المتجهات) في الصف قبل الأخير، ويلتقيها ثالثا في صورتها الكاملة خلال حلقة النقاش في السنة الأولى بعد التخرج. ويرى كثيرون من العلماء أن المرحلة الأخيرة هي وحدها فقط «المادة العلمية الحقيقية»، وأن المرحلتين الأولى والثانية مرحلتان تمهيديتان مسموح بهما لأنهما تهدفان إلى إعداد طالب امتلك ناصية المادة الدراسية بكل تعقداتها.

إن تدريس الأفكار الرئيسية الخاصة بمهنتنا لدارس العلم العادي من دون عناصرها الرياضية الكاملة يمثل خروجا على القاعدة السوية للتعليم. وإن وصف ذلك بكلمة التخفيف يعني استخدام أكثر الكلمات تهذيبا في الوصف عادة. وهذا هو المقابل لعبارة تدريس «العلم الحقيقي» (وهو المصطلح المستخدم فعلا وراء الأبواب المغلقة). ويبدو الموقف على النحو التالي، وهو أننا ما لم ندرس العلم وفي تفكيرنا هدف محدد وهو تخريج علماء المستقبل - يكونون نسخا مصغرة منا - فإنه يغدو شيئا غير ذي قيمة. ويشعر علماء كثيرون، شأنهم شأن رجال الكهنوت أصحاب الأسرار، بأن سرنا الأعظم ـ وهو حقيقة أن أفكار العلم المهمة بسيطة - يجب الحفاظ عليه جيدا وإخفاؤه عن الآخرين. وأستطيع هنا في الحقيقة أن أتذكر أحد كبار علماء الفيزياء النظرية، وهو يعرض هذه الحجة ليبرر رفضه التعاون مع فريق تلفاز أراد إنتاج فيلم لمنظومة الإذاعة العامة.

لكن حتى إن حدث وواجهت أقسام العلوم موقفا عصيبا واضطرت إلى تقديم مقررات لغير المهنيين، فإن منظمة الجامعة تضمن أن تكون هذه المقررات مقسمة في أضيق الحدود. وهكذا نجد لدينا ظاهرة الفيزياء للشعراء، ومقررات الاستقصاء التي تفي بشرط العلم عن طريق توفير عملية التثقيف في فرع واحد من أفرع العلم. وطبيعي أن هذه المقررات الدراسية المجزأة إلى أقسام، شأن المقررات المناظرة في المدرسة الثانوية، تنتج طلابا أميين علميا في جميع مجالات العلم ما عدا مجالا واحدا ـ طلابا يعرفون شيئا عن الجيولوجيا ولا شيء عن الفلك، أو يعرفون شيئا عن البيولوجيا ولا شيء عن الفيزياء. ولا حاجة بنا إلى القول إن هذا النوع من التجزئة إلى أقسام لا يخلق طلابا قادرين على قراءة الصحف وفهم ما يقرأون.

وإذا انتقلنا من العلوم إلى الإنسانيات وجدنا أنفسنا إزاء موقف مختلف تماما. إننا قد نتوقع أن يقدم أصحاب الدراسات الإنسانية جوقة الاحتجاج الأعلى صوتا التي تحتج لأن أخاها العلمي أنكر عليها جانبا مهما من امتياز ميلادها الفكري. لكنك إذا تأملت الأمر فلن تجد شيئا من هذا أبدا. إننا نلحظ في بعض الدوائر الأدبية أن الجهل بالأمور العلمية ليس مقبولا فقط، بل يحمل صفة على النقيض تماما. وكما أوضحت في الفصل الرابع لو أن مهندسا لم يقرأ شيئا لشكسبير فإنه يعد في نظر الدوائر الأدبية غير مثقف، بينما لا نجد حكما كهذا على أستاذ للغة الإنجليزية الذي لم يقرأ شيئا على الإطلاق عن داروين. ونحن كثيرا جدا ما نصادف شعورا يتسم بالغرور مفاده أننا لو أغفلنا العلم ولا شيء آخر فسوف يغيب عن الأنظار ويدع لنا بقية العالم في حالة من الراحة.

وأخيرا، نصل إلى العضو الثالث من الحلف - الطلاب. إن طلاب الكليات يميلون، كما كانت الحال في المدرسة الثانوية، إلى تجنب العلم كلما أمكنهم ذلك، محتجين في هذا بأن المقررات الدراسية صعبة، وأن محاولة الإقبال عليها تعرض المرء على الأرجح لخطر الحصول على تقدير بدرجة متوسط (أو أن تتضمن الدراسة على الأقل عملا لا ضرورة له). وإذا حدث وأجبرتهم إحدى الكليات المستنيرة على دراسة قدر من العلم، فإنهم يبدأون البحث عن المادة التي تتطلب أقل قدر من الجهد في القائمة.

لهذا يقول العلماء إن تدريس العلم للجمهور العام أمر غير ذي جدوى. ويقول علماء الإنسانيات إنه غير جدير بالدراسة. ويقول الطلاب إنه صعب. وهكذا لا أحد يريد تدريس المقررات. لذلك كله ليس لنا أن نتساءل في دهشة: لماذا نجد عنوانا رئيسيا في صحيفة عن الهندسة الوراثية يثير خوف كثيرين من القراء؟

أساتذة منحة روبنسون: تطور مشجع

بعد أن فرغنا من هذه المناقشة المحبطة عن الحالة الراهنة للتعليم في أمريكا، أرى لزاما أن أختم الفصل بملاحظة تمنحنا مزيدا من الشجاعة، وذلك بالحديث عن برنامج تنفذه الجامعة التي أعمل فيها. نعرف أن

جامعة جورج ماســون جزء من منظومة ولاية فيرجينيا. وتقع في ضواحي واشنطن العاصمة وتضم قرابة 3200 طالب، تجمع طلابي متباين عرقيا، وتجمع كبير من كبار المتعلمين الذين تتراوح أعمارهم تقليديا بين 18 و22 ســنة. وفي ثمانينيات القرن العشــرين قرر كليرانس جي. روبنسون، وهو رجل أعمال شغل، فترة، منصب أول رئيس لمجلس أمناء الجامعة، أن يترك قدرا من المال لتمويل أكثر من عشــرة أســاتذة من رؤساء الأقسام. وسأل جورج جونســون، رئيس الجامعة آنذاك، نفسه سؤالا بسيطا: «ما أضخم مشــكلة تعانيها الجامعــات اليوم؟». وكانت إجابته: واقع أن كبار أســاتذة الكليات لا يدرسون للطلاب ممن هم في سن ما قبل التخرج.

واختار حلا للمشكلة بسيطا ومباشرا. وهو أنه أعلن أن رئاسة الأقسام الممنوحة ســوف يشغلها أســاتذة ممن (1) ترســخت أقدامهم في مجال بحوثهم العلمية، (2) لديهم سجل واضح يؤكد الاهتمام والنجاح في مجال تعليم الطــلاب الجامعيين قبل التخرج. وتراوحــت مجالات خبرة الفريق الــذي جمعه ما بين تاريخ الفن وحتى البيولوجيا الجزيئية، وكان لي امتياز العمــل ضمن هذا الفريق أســتاذا للفيزياء بمنحة روبنســون. ويلتزم هذا الهدف بمعيار منظومة اختيار هيئات التدريس على أساس قاعدة البحوث العلميــة. ويمثل هذا الهدف إحدى الســبل لمعالجة المشــكلة التي حددت معالمهــا في هذا الفصل، وهي طريقة أعرف من خبرتي الشــخصية أنها مثمرة. وإني على يقين من توافر طرق أخرى مماثلة.

10

أهداف تعليم العلم

«نحن نريد أن يكون المواطن المتوسط قادرا على التعامل مع الجانب العلمي للقضايا العامة، وبمستوى الأهلية نفسها التي يتعامل بها في المجالات الأخرى»

المؤلف

أكدت على طول صفحات هذا الكتاب المعارف الأولية العلمية باعتبارها الهدف الرئيس للتعليم لغير المتخصصين، والتزمت الصراحة في تحديد ما أعنيه بالمصطلح. بيد أنني عند هذا الحد أجد لزاما عليَّ أن أوضح حقيقة واقعة، وهي أن كثيرين آخرين لديهم تعريفات مختلفة للهدف من تعليم العلم للمواطنين عامة. ونظرا إلى أن أسلوبنا في تعريف أهدافنا من شأنه أن يحدد نوع المنظومة التعليمية التي سنضع تصورنا لها ونصوغها، فنحن في حاجة إلى أن نفكر في هذه الأساليب البديلة في تناول المشكلة، وسوف أدفع في النهاية بأن التعريف الذي يتوخى البساطة، مثل التعريف الذي قدمته، لن يفضي بنا فقط

إلـى المخطط التعليمـي المجدي الذي يهدف إلى تحقيـق المعارف الأولية العلمية، بل إنه سوف يتلاءم على نحو عميق مع ما شهدته العلوم من وقائع وإنجازات على مدى العقود الكثيرة الماضية.

هدف الثقافة العلمية

أعيد هنا التعريـف الإجرائي لمعنى الثقافة العلميـة والمعارف الأولية العلمية الذي أثبته في الفصل الثاني، وذلك لمن شاء الرجوع إليه:

المعـارف الأولية العلمية هي إطار المعارف اللازمة للمرء لكي يفهم ما يلزم عن الكون الطبيعي حولنا، وحتى تتسنى لـه معالجة القضايا التي تعرض لنا في أفق حياتنا، سـواء في الصحف أم في غيرها.

ينبنـي هـذا التعريف بالكامل علـى اعتبارات خاصة بأسـلوب المواطن المتوسـط عمليا في اسـتخدام العلم. إنه مثلما هو في حاجة إلى معرفة ما يكفي من علم الاقتصاد لقراءة مقال عن تشريعات ضرائبية، وما يكفي أيضا من قانون لقراءة ما تعرضه الصحف عن قضية معروضة أمام المحكمة العليا، كذلك هو في حاجة، على سـبيل المثال، إلـى معرفة معنى الخلايا الجذعية الجنينية حتى يتسـنى له تكوين رأي قائم على معلومات عن مختلف القضايا الأخلاقيـة المحيطة به. وهذا هو ما سـميته برهانا مـن حياة المواطنين في الفصـل الثالث. ودفعت في الفصلـين الرابع والخامس بأن العلم يمثل جزءا جوهريا من الثقافة التي نعيشـها، وبأن قدرا أساسيا من فهم العلم يمكن أن يضيف مزيدا إلى خبرتنا الجمالية بالعالم الذي حولنا.

وجدير بالذكر أن القسمة الجوهرية المشتركة بين جميع هذه الحجج هي أن نمط المعارف اللازمة للمواطنين المتوسـطين مختلف تماما عن المعارف اللازمة للحيـاة العملية للعلماء أو المهندسـين. إذ إنه لا يتضمن القدرة على ممارسـة العلم أو (كما سـوف أؤكد بوضوح وبالتفصيل فيمـا يلي) القدرة على معالجة المعادلات الرياضية. وسـوف أعـرض في الفصل الثاني عشـر معالم برنامج تفصيلي للمعارف الأولية العلمية. بيد أنني يمكن أن أقول الآن إنه مؤسس على فهم عام للمبادئ الأولية الأساسـية التي يعمل على أساسـها العالم الفيزيقي. معنى هـذا أن المثقفين علميا، أي من توافرت لديهـم المعارف الأولية العلمية،

ســـوف يعرفون أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى - من أشـــعة شمســـية إلى تيار كهربي على سبيل المثال. بيد أنهم لن يكونوا بالضرورة قادرين على تحليل ملاءمة مزيج خاص من أشـــباه الموصلات لبناء خلية فولطائية ضوئية Photovoltaic cell، أي خلية قادرة على إنتاج جهد كهربي عند تعرضها لطاقة مشعة. وليس ضروريا أيضا أن يكونوا قادرين على حساب عدد الخلايا اللازمة لتحل محل محطة توليد تقليدية.

علاوة على هـــذا فإنه مع اطراد تعقد العلم ذاته، ومع ازدياد تشـــابك وتداخل الدراســـات التي يعرضها (وهو موضوع ســـأعود إليه في الفصل القادم) تصبح مناهج تعليم العلم التقليدية غير ملائمة أكثر فأكثر. وليس ثمـــة جديد فيمـــا يتعلق بالقاعـــدة المعيارية (وضع الفـــرض واختباره، ثم الاســـتنتاج) الخاصة بتعليم المنهج العلمي، التي من شأنها أن تعد الطالب من بعد للتعامل مع أحدث تقرير صادر عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغيـــر المنـــاخ. ومن ثم فإن مفهـــوم المعارف الأوليـــة العلمية لا يمثل فقط أســـلوبا جديدا في تناول موضوع تعليم العلم للجمهور العام، بل الأســـلوب الوحيد الذي يمكن به إعداد الطلاب للعالم الذي سيجدون فيه أنفسهم.

أهداف بديلة

موريس شاموس وأسطورة المعارف الأولية العلمية

عرض عالم الفيزياء الراحل موريس شاموس من جامعة نيويورك، في كتابـــه الصادر فـــي العام 1995، واحدة من أولى المناقشـــات التي تناولت موضـــوع المعارف الأولية العلمية. لذلك، ولهذا الســـبب، لنا أن نعتبر كتابه هذا بمنزلة نموذج إرشادي للفهم العام في هذا المجال.

مايز شـــاموس بين ما سماه معارف أولية ثقافية ووظيفية ومعارف أولية علميـــة حقيقية. ويعزو الأولى إلـــى إي. دي. هيرش والأفـــكار عن المعارف الأوليـــة الثقافية أو محـــو الأمية الثقافية التي ناقشـــتها في الفصل الثاني. ويعـــزو الثانية إلى جـــون ميللر (انظر الفصل الســـادس)، بينما يحتفظ في تواضع بالثالثة لنفســـه. ولكنني للأسف سوف أدفع فيما يلي بأنه أساء على نحـــو خطير فهم كل من هيرش وميللر، ولهذا فإننا لن نفيد كثيرا من تمييزه

الذي قال به بين الأولى والثانية. بيد أن تعريفه لمعنى المعارف الأولية العلمية الحقيقية يكشــف عن اتجاه نراه كثيرا جدا بين المشــتغلين بالعلم (خصوصا بين زملائي من الفيزيائيين) وسيمثل منطلقا جديدا لمناقشتي الأهداف.

المشكلة الأساسية بالنسبة إلى طريقة شاموس وآخرين في تناولهم موضوع تعليم العلم هي أنهم فيما يبدو يرون أن شــخصا ما يكون «حقا» مثقفا علميا فــي حالة واحدة فقــط، وهي إذا كان قادرا على الوصول إلى نتائج مســتقلة بشــأن القضايا العلمية مستخدما نوع الاستدلال العقلي ذاته الذي يستخدمه العالــم المهنــي. معنى هذا أن مجرد امتلاك خلفية أساســية تمكنه من قراءة مقال في صحيفة ليس كافيا في نظرهم. وواضح أنهم في رأيهم هذا يرددون صدى مقولة جون ديوي عــن «العقل ذي العادات العلمية» من دون الاعتراف، كما اعترف ديوي ضمنا، بأن مثل هذا الهدف يلائم فقط النخبة من المتعلمين. ونظرا إلى أن هذا الموقف يظهر على السطح المرة تلو الأخرى في الحوار بشأن تعليم العلم، فليسمح لي القارئ بأن أخصص هنا بعض الوقت لمناقشته.

كتب ســير بيتر ميداوار الحائز جائزة نوبل ما يلي في كتابه «جمهورية بلوتو» الصادر في العام 1982:

> **ولكــن هــذا أمر مفهوم أن العلماء ذوي المســتوى الرفيع. مثل علماء الفيزياء النظرية. يعبرون من وقت إلى آخر في هدوء عن آراء تحكمية بشأن إدارة البحث العلمي، بينما الباقون منا ينصتون في صمت يشوبه الاحترام**[1].

إن ما يســخر منه ميداوار في رسالته هذه هو ظاهرة أشير إليها عادة تحت عبارة «غطرســة علمــاء الفيزياء». (وأقول من باب التســجيل إنني تدربت لأكون فيزيائي جسيمات نظريا، وعملت ضمن هذا المجتمع البحثي إلى أن أكملت ترقيتي إلى أســتاذ، وبذا لــي الحق في أن أعقب على هذه الظاهرة). وأحســب أن المشكلة هي أن الفيزياء التقليدية علم مسرف في نزعتــه الاختزالية، حيث يــرى الفضيلة الأعظم هي القــدرة على إزاحة التناقضات وصولا إلى البســاطة الجوهرية للطبيعة. وهذه متابعة بحثية تثيــر الإعجاب أفضت إلى رؤى نافذة عظمــى، الواحدة تلو الأخرى، على مــدى قرون. ولكنها تنزع إلى خلق حالة ذهنية لعقل تتوافر فيه قدرات من نوع مميز، خصوصا القدرات الرياضية اللازمة لمتابعة البحث، والتي تعلي من قيمتها كثيرا جدا من دون سواها من قدرات تعتبرها قدرات عابرة.

ونحن، في الواقع، في وسعنا أن نستخدم موقفا شخصيا من الرياضيات بوصفه نوعا من التشــخيص لمعرفة توجهه إزاء المعــارف الأولية العلمية. وإليك ما قاله شاموس في هذا الصدد:

> **ليس من الواقع في شــيء الاعتقاد أن في إمكان المرء تقييم الآفــاق الواســعة للعلم مــن دون أن ندرس أولا الــدور الذي يؤديه الاستدلال العقلي الرياضي في هذا المجال** [2].

وإن هــذا الموقف القائل: «لزم علي أن أتعلم قدرا من الرياضيات الصعبة حتى يتســنى لــي امتلاك ناصية مهنتي، وباســم الرب عليــك أنت أيضا أن تتعلمه» يذكرني بموقف المجتمع الطبي تجاه الممارســة المثيرة للسخرية بجعل طلاب الداخلية يعملون 36 ساعة فترة عمل مستمرة (تمر ابنتي بهذا الطقس الانتقالــي وأنا أكتب هذا الكلام، وبذلك فإنني أتخذ مجلســا قريبا جدا من العمليــة). وطبيعي أن وجــه الاختلاف هو أننا لن نجــد طبيبا يدفع بأن كل مواطن عليه أن يقضي فترة تشبه المدرسة الطبية إذا كان يريد أن يقرأ القسم الخــاص بالصحة في الصحيفة. هذا بينما ســمعت فيزيائيين يؤكدون أن كل من يريد قراءة شيء عن العلم فإن عليه بالضرورة أن يدرس حساب التفاضل والتكامل على المستوى الجامعي.

وغني عن البيان أن مثل هذا الاتجاه يفضي إلى نتائج مؤسفة في مجال تعليم العلم لأنها تنبني على فكرة ناقشــتها في الفصل التاسع، وهي أن كل ما يتعين تدريســه هو فقط الشيء المثمر الحقيقي داخل قاعة الدرس، وأن يكون الطلاب على الطريق المؤدية إلى الحياة العملية في العلم من دون أي شــيء آخر. إنــك إذا حددت هدف تعليم العلم بتكويــن أفراد قادرين على إعادة إنتاج نوع الاســتدلال العقلي الذي يســتخدمه العلماء بغية الوصول إلى اســتنتاجات مستقلة بشأن القضايا موضوع البحث، فإنك يقينا سوف تنتهي إلى مشورة يائســة على نحو ما فعل شاموس. إنه في حالته استنتج أن الشــخص المتوســط لن يكون قادرا على فهم العلم فهمــا كافيا بحيث يكــون في مقدوره اتخاذ قرارات مهمة. وإنه بذلك يظهر في صورة محكمة علــم، العمل معها غير مجد تمامــا، فضلا عما في رأيه من إيحاء مناقض للديموقراطية. وعلى أي حــال، وكما أوضحت في الفصل الثاني، لا معنى

لأن ننكــر على الطلاب فوائد العلم لأنهم لا يعرفون الرياضيات تماما، كما لا معنى لأن ننكر عليهم حق قراءة رواية «الحرب والسلام» لأنهم لا يعرفون اللغة الروسية.

وأجد لزاما عليَّ أن أقول إنني اعتدت دائما النظر إلى الفكرة القائلة بأن دورك هــو فقط التدريس لأولئك القادرين على الوصول إلى المعايير المهنية باعتبارها نوعا من الهرب من المسؤولية، أي سبيلا لتجنب المشكلات الحقيقية التي تواجهنا بوصفنا معلمين. وحري بنا أنه بدلا من تحديد معايير عالية ومستحيلة تسلمنا إلى اليأس أن نفكر إلى أي مدى نســتطيع أن نمضي بطلابنا الذين ندرِّس لهم فعليا. وهذه نقطة ســوف أعود إليها فيما يلي. إنني في أسوأ لحظاتي تشاؤما أفكر أحيانا إلى أي مدى كان يمكن أن تكون حياتي سهلة يسيرة لو أنني اعتدت أن أدرس فقط لأفضل الطلاب في الصفوف الخاصة بي، وأصف الباقين بأنهم ميئوس منهم، وأعزو حالتهم إلى نوع من الإهمال في التعليم.

وبعــد أن فرغت مــن هذه النقاط ليســمح لي القارئ بــأن أعود إلى شاموس وكيف أخطأ في فهم هيرش وميللر. وحيث إنني شاركت شخصيا في كل من هذيــن البرنامجين فإن للقارئ أن يــرى أن الفقرتين التاليتين محاولة مني للنهوض وصولا إلى نقطة تمثل امتيازا شخصيا.

يكرر شاموس الخطأ الشائع المتمثل في تصور أن المعارف الأولية الثقافية لا تتألف سوى من قائمة من البنود التي يتعين استظهارها، وهذا فهم خاطئ سبق أن تناولتــه في الفصل الثاني. إنني إذا قرأت وصفه للمفهوم، وهو وصف بعيد كل البعد عن الموضوع، لا يسعني غير أن أخلص إلى نتيجة محددة وهي أنه لم يقرأ الكتب بعناية، أو لم يجر أي مناقشات جادة مع أي من المشتغلين في المجال (هذه النتيجة يدعمها ارتكابه خطأ فادحا تمثل في الإشــارة إلى هيرش باسم إدوارد، وهو اســم لم يستعمله قط). وإذ أخاطر بتكرار ما قُلتُ، أراني مضطرا إلــى بيان أن المعارف الأولية الثقافية تمثل عمليا خليطا من الكلمات والمفاهيم والروابــط والصور والأفكار، وهي أبعد مــا تكون عن وصفها بقائمة جافة من المصطلحات يتعين استظهارها قدر المستطاع. وإنني أتحدى أي شخص أن يقرأ بعناية 1380 صفحة، هي مدخلات العلم في قاموس المعارف الأولية الثقافية، ويؤكد أن أيا من الناس استوعب هذه المادة ليس مثقفا علميا.

ويصدق الأمر نفســـه على أخطائه في فهم جون ميللر. اشتكى من أن ميللر لا يحدد واقعيا ما يعنيه بعبارة المعارف الأولية العلمية. ولكن، وكما أوضحت في الفصل الســـادس، هناك تعريف إجرائي شديد الوضوح مبين في صورة قواعد إجابات عن أســئلة تضمنتها الدراسة الاســتقصائية التي أجراها ميللر. وزعم شـــاموس أيضا أن ميللر يتبنى تعريف إما - أو الخاص بالمعارف الأولية العلمية بينما توجد في الواقع سلســلة متدرجة الدرجات للتصنيفات تتراوح بين «جيد المعلومات» و«جيد المعلومات نســبيا»، ثم ما هو أدنى مســتوى. علاوة على هذا ينشـــر ميللر في أوراق بحثه النتائج الكاملة لدراساته الاستقصائية في تفصيل كاف بحيث إن كل من شاء تجاوز مخططه التصنيفي أمكنه ذلك بسهولة.

الفيزياء أولا

الولايات المتحدة ســعيدة الحظ إلى أقصى حد لأنه، من حين إلى آخر، يقرر أحد الفائزين بجائزة نوبل الإفادة بمركز المراقب بغية تحسين المنظومة التعليمية. وكما لنا أن نتوقع من شخصيات لها مثل هذا المستوى الرفيع من التحصيل، فإن هؤلاء العلماء لهم وجهات نظر متميزة وفريدة بشـــأن تعليم العلم ويعمدون إلى مراجعة إنجازاتهم. وهذا يعطينا فكرة جيدة عما يحدث حينما يوجه علماء لهم مثل هذا المستوى الرفيع اهتمامهم إلى هذا المجال.

وأول من أقدم على هذا في العصر الحديث هو ليون ليديرمان الذي كان وقتذاك يشغل منصب مدير معمل فيرمي Fermi National Accelerator Laboratory خارج شـــيكاغو، علاوة على كونـــه عضوا في هيئة التدريس بجامعة شـــيكاغو. ويتصف ليديرمان بأنه شـــخص نحيل الجسم، بشوش مع هالة من الشـــعر الأبيض، وومضة بريق لا تفـــارق عينيه. وعلى الرغم من مكانته في المجتمـــع العلمي، فإنه يتصف بالحذق والقدرة على العيش في بيئة غير عدوانية، حتى أنني أظن أنه كان في شـــبابه ساخرا وصاحب دعابـــة. وبعد حصوله على جائزة نوبل في العـــام 1988، لقاء إنجازه في مجال فيزياء الجســـيمات التجريبية، قرر أن يرى ما الذي يمكن أن يفعله لخدمة تعليم العلم. كان النظام التعليمي العام في شـــيكاغو يعاني أزمات قاسية كما هي حال كثير من مدارس الحضر. وعلق على هذا في سخرية فكهة قائلا: «إن لم يكن هو النظام الأسوأ في بلادنا، فإنه يوشك أن يكون كذلك، ولهذا فإن الأمر غير مهم».

تميز منهجه بالبساطة والمباشرة. وقال ذات ليلة لفريق منا: «الشيء الجميل في جائزة نوبل أنها تسمح لك بالدخول إلى مكتب أي إنسان - لمرة واحدة». واستخدم ليديرمان إذن الدخول هذا لإقناع عدد من الشركات الكبرى التي مقرها في شيكاغو، وكذا عدد من المؤسسات المختلفة التي لا تهدف إلى الربح، وعدد من الولايات الحكومية، لوضع برنامج يجري تنفيذه في أثناء ساعات العمل من أجل معلمي العلوم في شيكاغو. وتقرر، لأسباب لم أفهمها أبدا، أن يكون المقرر في معهد إيلينوي للتكنولوجيا على بعد نحو 20 كتلة سكنية من المؤسسة التي يعمل بها في جامعة شيكاغو. واستهدف البرنامج تحسين وضع المعلم وتمويل بدائل بحيث يمكن للمعلمين أن يشاركوا ويتفاعلوا مع العلماء المشتغلين في المكان، والعمل بوجه عام على تحسين خلفياتهم الأساسية في المواد الدراسية التي يدرسونها. وحقق المشروع نجاحا ما شجع ليديرمان على المضي قدما ليكون القوة المحركة لتأسيس أكاديمية الرياضيات والعلوم لولاية إيلينوي، وهو معهد به مكان مخصص للإقامة ويقع بالقرب من مختبر فيرمي لاب الذي يقدم للطلاب الموهوبين للغاية تعليما رفيع المستوى في العلم.

وجدير بالذكر أن ليديرمان اتبع في كل من المشروعين الخطوات نفسها التي حددتها لجنة دراسة العلوم الفيزيائية (انظر الفصل الثامن)، علاوة على جهود إضافية لتحسين تعليم العلم ركزت على توفير أفضل تعليم ممكن لعلماء وتقنيي المستقبل. وإذا حدث مثلما حدث في الجهود المبذولة في مدارس شيكاغو العامة، وأدى هذا إلى زيادة المعارف الأولية العلمية، فإنه أمر جيد، غير أن المعارف الأولية العلمية لم تكن هدفه الأول.

ولكن لأن ليديرمان رجل لا يليق به إلا هذا الأفق الواسع والمواهب المتميزة، فكر في طبيعة المدركات العامة عن العلم وطريقة تعليم الجميع العلم في المدارس. وتمثل أهم إسهاماته في الجانب الثاني في فكرة مقرر دراسي تلخصه عبارة «الفيزياء أولا». معنى هذا أن المقرر الدراسي المعمول به الآن الذي يبدأ عادة بعلم الأحياء (البيولوجيا) يتعين قلبه رأسا على عقب بحيث يجري تدريس البيولوجيا فقط بعد إرساء أساس مكين من الفيزياء والكيمياء. وإذا عرفنا أن علماء البيولوجيا يركزون الآن كثيرا على العمليات الجزيئية فإن هذا النهج يصبح مفهوما من وجهة النظر العلمية.

وأدرك إلى أي مدى تستهوي هذه الفكرة الطلاب القدامى. والحقيقة أن المنهج الدراسي الذي وضعته بشأن المعارف الأولية العلمية يلتزم - إلى حد ما - بهذا المخطط. والفكرة هي أن نبدأ بـ «الفيزياء» البسيطة ثم ننتقل منها إلى «البيولوجيا» المعتمدة. ولكن النهج التقليدي على العكس، إذ يبدأ بعلم «البيولوجيا» المألوف، وينتقل إلى «الفيزياء» المجردة. ونعرف أن منهج «الفيزياء أولا» له ميزة اتباع التاريخ الفكري البشري، حيث الأفكار الأبسط (مثل حركة القذيفة) تُحلُّ أولا، ثم المشكلات الأكثر تعقدا (مثل الكيمياء الخلوية) بعد ذلك بفترة. وهذه فكرة جديدة، ولهذا لا تتوافر لنا معلومات كثيرة عنها. ولكن إذا كان لزاما عليّ أن أُعمل عقلي تخمينا أقول إن نهج «البيولوجيا أولا» ربما يكون ملائما للمدرسة الابتدائية، وربما أيضا للمدرسة المتوسطة، بينما «الفيزياء أولا» ربما أنسب للمدارس الثانوية ولمؤسسات التعليم العالي.

نريدهم أن يفكروا مثلنا

كان كارل ويمان يعمل في المعهد القومي للمعايير والتكنولوجيا في بودلر، وهو الآن في جامعة كولومبيا البريطانية، وقد حصل على جائزة نوبل في العام 2001 لإنتاجه أول مثال لظاهرة تسمى Bose-Einstein condensate، وهو تنظيم خاص للذرات في درجات حرارة منخفضة جدا. وثمة قصة طريفة عن زيارة قام بها ويمان إلى الحرم الرئيسي للمعهد القومي للمعايير والتكنولوجيا قرب واشنطن لكي يوجه حديثا في قاعة مكتظة من معاونيه وزملائه وضيوفه. تحكي القصة كيف احتفوا به عند استقباله وغنوا له أغنية يجري لحنها على لحن أغنية بيبي فيس Baby Face. غنى الحضور معا في محاكاة لحركة كرة تقفز على الشاشة، إن الفيزياء ليست دائما علما جافا وشكليا.

وكان ويمان، مثله مثل ليديرمان، مهتما اهتماما أساسيا بتحسين المقرر الدراسي الرسمي للعلوم، على الرغم من أنه في حالته هذه تركز اهتمامه على المناهج الدراسية لتدريس العلوم لغير المشتغلين بالعلم. ويمكن القول بمعنى ما إنه يتبع جهود الفيزياء للشعراء التي سبق أن ناقشناها في الفصل الثامن. وقد رصد قدرا كبيرا من جهده لتحسين طرق التدريس عن طريق

التكيــف مع التكنولوجيــا الحديثة (من ذلك جمع الطــلاب في قاعة درس كبيــرة للإجابة – عن طريق جهاز الكليكر – عن ســؤال يطرحه المحاضر). وطبيعي أن حافزه إلى ذلك واضح شديد الوضوح. والسؤال هو: لماذا يقضي وقتا طويلا جدا لتعليم التقنيات؟ وإجابته «نريدهم أن يفكروا مثلنا»!

وأفترض أن هذا يمثل خط الأســاس بالنســبة إلى كثيرين من العلماء عندما يشــاركون في التدريس بطريقة متميزة، ســواء حصلوا على جائزة نوبــل أو لا. وواقع الأمر أن الفــارق الرئيس بين مثل هؤلاء العلماء ينصب على ســؤال عمــا إذا كان الهدف ممكن التحقــق أو لا. هناك البعض من أمثال شاموس شــكاكون وينتهون إلى نتيجة سوداوية. وهناك آخرون، من أمثال ويمان، إيجابيون يحدوهم أمل كبير. ولكن الهدف واحد في النهاية: تحويل كل امرئ بطريقة سحرية إلى صورة مصغرة منا.

لماذا ينبغي أن يفكروا مثلنا؟

عندمــا يزداد الإلحاح على هذه النقطة فإن الأغلبية من المســؤولين عن إدارة برامج كبرى لتعليم العلم يعودون واقعيا إلى حجة وحيدة. يقولون نحن نعيش في اقتصاد ركيزته المعرفة، وعالم بقاء الأمم فيه رهن البراعة الفائقة التكنولوجيــة. ومن ثم فإن نظامنا التعليمي لا بد من أن يوفر القوى العاملة اللازمة لإشباع حاجة التكنولوجيات الحيوية - المعلوماتية اللازمة للمستقبل، إذ هذا أو أن يكون البلد مآله إلى التدهور والانحسار من دون رجعة.

وكم هو عسير المحاجاة مع وجهة النظر هذه. نحن بكل وضوح في حاجة إلى خلق قوى عاملة مؤهلة علميا في تلازم مع حركتنا إلى المســتقبل. ولكن ثمة ميلا إلى طمس هذا الفارق في هذه المناقشات. وطبيعي إذا كان الهدف هو تدريب جيل جديد من المهندســين والعلماء والفنيين إذن فنحن نريد أن نعلــم الناس كيف يعمل العلم. وإذا لم تكن ثمة أهمية لبيان كيف ســيصبح الاقتصاد مؤسســا على التكنولوجيا، فإنه ستظل هناك حقيقة واقعة وهي أن أغلبيــة الناس لن يكونوا أبدا في حاجة إلى ممارســة العلم تطبيقيا في حياتهــم بغيــة العيش. بيد أن كل امرئ ســيجد لزاما عليــه أن يؤدي دوره بوصفه مواطنا، ومن ثم ســيكون في حاجة إلى أن يكون مثقفا علميا عارفا

بأولويــات العلــم لكي يؤدي دوره على نحو صحيــح. لذلك فإن من الأهمية بمكان التمييز بين متطلبات المجموعتين من السكان. وهنا فيما أعتقد تبرز بوضوح الحجج المؤيدة للثقافة العلمية المرتكزة على معرفة الاقتصاد.

وحقيقة الأمر أن ليس واضحا تماما أن التفكير «مثلنا» يمثل عونا كبيرا في التعامــل مع القضايا العامة. وأعيد ما قلته فــي الفصل الثالث، إن كم المعلومــات التي يحتاج إليها المواطن للمشــاركة في حوار عام قليل جدا - لا يقــارن أبدا بمعلومــات الاختصاصي العلمي. وأوضحــت كذلك أن العلماء خارج مجال تخصصهم البحثي لا يكونون عادة أكثر ثقافة علمية من المواطن المتوســط جيد المعلومات. لذلك يبدو لي أن نهج «يفكرون مثلنا» لا يفيد في الواقع إلا قليلا جدا في سبيل تطوير ونشر المعارف الأولية العلمية.

أنواع الذكاء السبعة

ولكــن ثمة وجها آخر لوجهة نظر «يفكرون مثلنا»، وهــو وجه أراه صعبا. إذ يحدث أحيانا في لحظات الاكتئاب أن أتساءل عما إذا كان نمط الفكر العقلاني النقدي التحليلي المميز للعلم هو نمطا في أساسه غير طبيعي، وأنه بطريقة ما خارج منطق التزامن مع العمليات العصابية البشــرية. التقيت في حياتي طلابا كثيرين - من ذوي الذكاء المرتفع الذين أبدعوا في مجالات كثيرة - ولكن يواجهون صعوبة قصوى في «التفكير مثلنا». وجعلني هذا أتشكك في احتمال وجود صعاب غير متوقعة عند محاولة تحويل كل امرئ إلى عالم. أدرك أنني قاصر في أنواع معينة من المهارات الذهنية (من مثل تقييم الألوان والحساسية تجاهها)، وأعتقد أنه ليس من سبيل عمليا للتغلب على أوجه القصور هذه مهما كان كم التعليم. وهذا هو السبب في أنني أطلب إلى زوجتي أن تنتقي لي ملابسي عندما أعتزم الخروج والظهور أمام الناس. وأتخيل أن نمط التفكير العلمي غريب على الآخرين شأن الألوان بالنســبة إليَّ. ووجدت أن إدراكي مظاهر القصور عندي يساعدني على التعاطف مع الطلاب الذين يعانون في دراستهم للعلم.

وفي العام 1983 نشر صديقي هوارد غاردنر، من جامعة هارفارد، نظرية عن أنواع الذكاء المتعددة. ووضع قائمة أولية تضم سبعة أنواع للــذكاء، على الرغم من أنه وســع القائمة بعــد ذلك. ونجد في هذه

القائمة أن الاستدلال العقلي التحليلي ليس سوى نوع واحد فقط من الذكاء. ونقول من باب التسجيل إن أنواع الذكاء السبعة التي قال بها هي:

- لغوي (ذكاء كلمة).
- منطقي. رياضي (ذكاء العدد والاستدلال العقلي).
- مكاني (ذكاء الصورة).
- جسدي. حركي (ذكاء الجسد).
- موسيقي (ذكاء النشاط الموسيقي).
- العلاقات بين الناس (ذكاء اجتماعي مع الناس).
- ذكاء مع الذات (ذكاء خاص بالذات).

نجد من بين هذه الأنواع أن الثاني فقط، وربما يؤكد البعض أن الثالث أيضا، يسهمان في العملية العلمية. وإذا تصورنا أن الفئات التي ذكرها غاردنر تحدد نوع الذكاء ذي الأبعاد السبعة إذن فإن كل شخص له نوع ما من الدرجات التي يحصل عليها عن كل فئة. كذلك فإن من يحصلون على درجات مرتفعة في مجال ما يمكن أن يحصلوا على درجات أدنى في مجالات أخرى. وهذه حقيقة واقعة عبر عنها بشكل رمزي كثير جدا من الأنماط المشتركة. ومن ثم فإننا حين نلتقط - على نحو تعسفي - أنواع الذكاء الملائمة للعلم ونقول إن على كل شخص أن يتميز فيها فإن هذا في تقديري لا يفيد معنى جديدا أكثر من اشتراط أن يؤلف كل امرئ سيمفونية أو أن يصبح راقصا محترفا. ذلك أن العالم لا يمضي على هذا النحو.

أحسب أن كل هذا يعيدني إلى التعريف الذي أثبتُّه في مستهل الفصل لمعنى المعارف الثقافية العلمية. نحن نريد أن يكون المواطن المتوسط قادرا على التعامل مع الجانب العلمي للقضايا العامة، وبمستوى الأهلية نفسها التي يتعامل بها في المجالات الأخرى. ويقودنا هذا إلى السؤال التالي، وهو سؤال حتمي: ما كم العلم اللازم لتحقيق هذا الهدف؟

نجد أنواعا مختلفة من الكلمات والعبارات الرائجة الطنانة التي جرى تداولها في هذا الحوار، من مثل «الاستدلال العقلي النقدي» و«الوصول إلى استنتاجات مستقلة». ويبدو لنا بمعنى ما أن مثل هذه العبارات تمثل

عبئا يثقل كاهل المواطنين المتوسطين ممن نفترض أنهم قادرون على مطالعة الحجج العلمية والاستماع إلى الخبراء المتنافسين، وأيضا قادرون على استخدام معارفهم العلمية وتعليمهم العلمي وأن يقرروا بأنفسهم أي جانب هو الصواب.

وليسمح لي القارئ بأن أكون صريحا من دون مداورة، هذا كله توقع غير واقعي جملة وتفصيلا. ومن أسباب ذلك، كما سوف أدفع في الفصل التالي، أن القضايا العلمية اليوم وفي المستقبل المنظور معقدة كثيرا لدرجة أن أغلبية العلماء الحاصلين على درجة الدكتوراه ليس في وسعهم الوفاء بهذه المهمة. وسبب آخر، أشرت إليه مرارا، هو أن العلماء الحاصلين على درجة الدكتوراه هم أنفسهم أميون علميا عادة في جميع المجالات خارج مجال التخصص. وبهذا لا سبيل إلى إنجاز هذا الهدف المميز بأقل من اشتراط حصول كل شخص على درجة الدكتوراه في كل شيء.

مقترح متواضع

إذن ماذا عسانا أن نفعل؟ أقترح برنامجا يستهدف جعل كل امرئ، ذكرا أو أنثى، على ألفة ودراية بالعلم وفق قدرته على المضي قدما، وأن يتبنى البرنامج مقترحين يتسمان بالبساطة والوضوح الذاتي، هما:

1 - عليك أن تدرِّس لطلابك الموجودين أمامك وليس للطلاب الذين ترغب فيهم.

2 - إذا توقعت من طلابك رغبة في معرفة شيء ما فإن عليك أن تخبرهم بما هو.

وقبل أن أُقدِّم إطارا عاما تفصيليا لما اعتقد أنه محتوى المنهج الذي أود أن يكون مجسدا في المعارف الأولية العلمية، أرجو أن أناقش هذين المقترحين أولا بشكل عام.

إحساسي الخاص هو أن قدرا كبيرا من مشاعر عدم السعادة التي ألمسها لدى زملائي من العلماء، بالنسبة إلى تعليم غير المشتغلين بالعلم مبعثه فشلهم في النظر بعين التقدير والأولوية إلى المقترح الأول. وواقع الأمر أنك إذا قررت أن تدرس لغير المتخصصين في العلم (وهو قرار ليس لنا جميعا أن نتخذه) فإنك

في سبيلك إلى التعامل مع مزيج مختلف من الناس داخل قاعة الدرس. سيكون هناك فريق صغير العدد ـ ربما أقل من الثلث ـ معني، عن أصالة، بمادة الدرس ويريد حقا أن يتعلم. وسيكون هناك فريق أكبر ـ ما بين الثلث والنصف ـ يحاول جاهدا استيعاب المنهج الدراسي على أفضل ما في استطاعته، ولكنهم طلاب جادون سيحصلون في الوقت الضروري على تقديرات جيدة. ثم هناك الباقون، وأتمنى مخلصا ألا يكون لديك عدد كبير منهم.

ولكن أيا كانت تركيبة قاعة الدرس، فإن هناك طلابا عليك أن تدرِّس لهم. سينظر البعض إلى الأمر على أنه سهل يسير، وسوف يناضل البعض الآخر، غير أن مهمة المدرس هي دفع كل منهم إلى الحركة قدما قدر الاستطاعة على طول درب الثقافة العلمية. معنى هذا في الأغلب الأعم أن ثمة أهدافا جديرة بالاهتمام يجب أن تحتل مكانها في الأذهان حتى وإن احتلت مكانا خلفيا بينما نركز على موضوع العلم. مثال ذلك أنك لا تستطيع أن تضيع وقتا طويلا لتصويب أخطاء الطالب في اللغة أو في بلاغة الكتابة، إذ لا وقت يكفي لذلك.

وأهم من ذلك، ربما لا تعتزم أن تتوافر لديك القدرة على النهوض بالمشكلتين التوأم في وقت واحد، وهما المعارف الأولية العلمية والمهارة العددية. وليس ذلك لأن كثيرين من هؤلاء الطلاب يتمتعون بذكاء متنوع غير الذكاء المرتبط بالمهارات الرياضية، بل ولأنهم، علاوة على ذلك، سوف يعانون أيضا حالات الخوف المتوسطة والشديدة من الرياضيات. معنى هذا أنك إذا أردت منهم الاشتغال بالعلم والارتباط به فلن يكون في مقدروك أن تلقي إليهم بكم كبير من المعادلات. وسوف أوضح في الفصل الثاني عشر أن الأفكار الأساسية عن العلم يمكن عرضها بسهولة من دون معادلات. ذلك لأنها جميعها بسيطة للغاية في أساسها ـ ولكن هذه المسألة تمثل مشكلة فقط إذا ما أصر المعلمون على أن العلم «الحقيقي» يوجبها شرطا.

وأعتقد في الأساس أن المشكلة بشأن مقترحي الأول هي أن علماء كثيرين يرنون خفية إلى عالم متقلص، إذ أنواع الذكاء السبعة التي يقول بها غاردنر يمكن أن تتكمش وتتحول إلى عالم به نوع واحد أو اثنين، وطبيعي يأملون في النوع أو النوعين اللذين نتمتع نحن بهما. بيد أن جوهر كون المرء

عالما جيدا يتمثل في القدرة على الاعتراف بحقائق العالم الخارجي، والعالم الخارجـــي في حالتنا هذه هو عالم يضم طلابنا بأنواع ذكائهم المتنوع، ولكن تجمع بينهم قسمة مشتركة هي حاجتهم إلى المعارف الأولية العلمية.

ويبـــدو لي أيضا أن المقتــرح الثاني واضح بذاتــه، ولكنه لا يصلح في الأســـاس لتعليم العلم وفقا لفكر المدرسة المتخصصة. فهذه المدرسة تؤمن بأن هناك شـــيئا يســـمى المنهج العلمي (أو كما ســـماه ديـــوي عادة العقل العلميـــة) وبأن كل ما علينا عمله هو تدريس هذه العملية العلمية للطلاب، وسوف يدركون هم كل شيء آخر يتعلق بالعلم بأسلوبهم الخاص.

وواقع الأمر أن النقطة التي أثيرها هي مثال لقضية مزمنة في مجال تعليم العلم والتي يمكن وصفها بشـــكل عام بقولنا إنها الصراع بين المنهج والمحتوى. وإن ما أسميه المعارف العلمية الأولية يمكن إحلاله في موضع أقرب إلى جانب المحتوى في هذا التقسيم الثنائي بينما السابق أقرب إلى جانب المنهج.

ويبدو لي في واقع الأمر أن المقترح بشـــأن التركيز على تدريس شـــيء ما اســـمه المنهج العلمي مثير للضحك تماما بالنســـبة إلـــيّ، حتى أنني لا أكاد أعرف من أين أبدأ مناقشـــتي له. واعتدت كلما أردت أن أثير حفيظة زملائي أن أسميه مدرسة الفكر القائل: «علمهم النسبية وسوف يستنتجون البيولوجيا بأنفســـهم في الطريق إلى البيت». نعم هناك حقا منهج علمي. ناقشـــته في الفصل الأول. ولكن معرفة هذا المنهج ليســـت ســـوى خطوة أولى صغيرة جدا على الطريق إلى المعارف الثقافية الأولية. وأود أن أسوق حجتين ضد مدرسة فكر المنهج:

أولا: إذا طبقت هذه الحجة على أي مجال دراســـة أخرى سوف تظهر أوجه الخطأ واضحة للعيان. وإذا دفعت بوجود شـــيء اســـمه منهج لغوي، ومن ثم فإن دراسة لغة ما (الفرنسية مثلا) سوف ييسر كثيرا الانتقال إلى أخرى (التشيكية أو الأوردو مثلا)، فإننا بذلك نعترف بأن هذه الحجة غير مجدية. إنك إذا أردت معرفة اللغة التشيكية فلن تدرس الفرنسية لتحقيق هذا الغرض، بل ســـتدرس التشـــيكية. وادفع، على المنوال نفسه، بأنك إذا أردت مناقشـــة الخلايا الجذعية فلن تدرس النماذج المناخية، بل ستدرس البيولوجيا الجزيئية وبيولوجيا النمو.

ثانيا: وهذا ما سوف أدفع به في الفصل التالي، إن اختراع الحواسيب (الكمبيوترات) الرقمية أحدث تحولا هائلا في طريقة ممارسة وإنجاز العلم. ذلك أن أنواع التجارب البسيطة التي يمكن للمرء أن يجريها في معمل مدرسة أو معمل الجامعة. وهي أنواع التجارب التي نفترض أنها تعلم الطلاب المنهج العلمي. أضحت غير ذات موضوع بالنسبة إلى كثير من المشكلات الحقيقية التي تعنينا في نطاق العلم. ونتوقع مستقبلا أن يكون في الإمكان تحول المنهج العلمي شيئا فشيئا، وباطراد، إلى موضوع غير وثيق الصلة بالمناقشات العامة. معنى هذا أن التركيز على المنهج دون المحتوى الفعلي للمعارف الأولية العلمية من شأنه - على الأرجح - تخريج طلاب مؤهلين لمحاكاة غاليليو في عالم يهيمن عليه كريغ فنتر، أول إنسان حدد نسل الجينوم البشري.

بيد أن هذا موضوع نتناوله في فصل آخر.

11

التدريب على منهج غاليليو في عالم كريغ فنتر

كريـــغ فنتر هـــو الرجل المســؤول عن اكتمـــال عمليـــة تحديد تسلســـل الجينوم البشـــري، ســـابقا للموعد وبميزانية دنيا. ووفق هذا الوضع يمثل رمزا كاملا للدلالة علـــى نوع العلم الجديـــد الناتج عن ميلاد الحاسوب الرقمي. إذ إن هذا الحدث أدى حرفيا إلى إنتاج علم مختلف من أساســـه عن كل مـــا كان في الســـابق. إن القضية المحورية التي ســـتواجهنا في هذا الفصل هي الآتي: كيف يتعين علينا تعديل نظامنا التعليمـــي حتى يكـــون فـــي اعتبارنا هذا الطراز الجديد من العلم؟

كان العـــام 2000 عامـــا ملحميـــا بالنســـبة إلى العلوم. إذ لم يكد العالم كله يفرغ من الاحتفـــال بالعام الجديد (أليس

«إن الناس قادرون تماما على التعامل مع الشك عند اتخاذ قـــرارات عامـــة – وإن كانوا يفعلـــون ذلك دائما وأبدا في مجالات غيـــر علمية. ولهذا لا أرى سببا يجعل الشخص العـــادي عاجـــزا عـــن تناول القضايا العلمية بالأســـلوب نفسه، وأن يضع في الاعتبار الرأي الخبيـــر، ويحافظ في الوقت نفسه على قدر صحي معقول من الشك»

المؤلف

هذا مروعا؟) حتى كان إعلان اكتمال مشـــروع علمي مذهل اســـتمر عدة ســـنوات، واقترن الإعلان بمباهج احتفالية مناســـبة ومؤتمر صحافي في البيت الأبيض. وكان هذا مشـــروعا استهدف إكمال ما سُمي «التركيبة أو التجميعة الأولى» first assembly للجينوم البشري: كتالوج متتابع الخطى يضم 3 مليـــارات «حرف» تؤلف عند تجميعها معا المتاع «الجيني» الوراثي البشـــري. وإذا تخيلنا جـــزيء الـ «دنا» DNA مثل ســـلم ملتوٍ فإن درجات السلم تتألف من جزيئين مترابطين يسميان «قاعدتين». وتوجد أربع قواعد نرمـــز إليها بالأحـــرف A ،C ،G ،T التي تمثل نوعا مـــن الأبجدية رباعية الأحـــرف هي لغة كتابـــة الحياة في كل صورهـــا. إن القائمة الكاملة لهذه القواعد، أو الجينوم، هي جماع كل المعلومات التي تنتقل من جيل إلى جيل، لأي مـــن الكائنات الحية، إلى ذريتها. وتحتـــوي على كل المعلومات اللازمة لأداء كيمياء الكائن العضوي الحي. وتسمى عملية إنجاز هذه الشفرة باسم تحديد تسلسل الجينوم.

عندمـــا قدمت فكرة لتحديد تسلســـل الجينوم البشـــري الكامل في ثمانينيات القرن العشـــرين لأول مرة، ظهرت معارضات كثيرة للاقتراح مـــن جانب علماء البيولوجيـــا التقليديين. إذ كان علـــم البيولوجيا حتى ذلك الحـــين يجري إنجـــازه ضمن نمط يحمل اســـم «العلـــم الصغير» small science - حيـــث عمليـــة البحوث النمطية تتم في صورة أســـتاذ مع اثنين من الطـــلاب يتابعان بحثهما في زاوية من الزوايا في مكان ما حيث يوجد المعمل. ولكن مشـــروع الجينوم الـــذي تدفقت عليه مليارات الـــدولارات لتحقيقه، أدى فـــي صورته الكاملة إلـــى إثارة غضب بعض علمـــاء البيولوجيا. علاوة على هذا فإن التقنيات المتاحة آنذاك أضحت تميل إلى التعقد وإلى كثافة معملية، ولهذا بدا المشروع في نظرهم كأنه ســـيكلف الباحثين أعمارهم يكدحون بغية الوصول إلى النتيجة المرجوة. وأذكـــر هنا ما قالـــه لي أحد الطلاب الجامعيـــين: «لا أريد أن يكون كل عملي في الحياة تحديد التسلســـل مـــن زوج قاعدي 100 ألف إلى زوج قاعـــدي 200 ألف على كروموســـوم 12». (أصبح فيمـــا بعد من أبرز الباحثين في علم الإحاثة - الباليونتولوجي).

ثبت بعد ذلك أن المخاوف لا أساس لها. ذلك لأنه سرعان ما تكاثفت الجهود في كل أنحاء العالم لاكتشاف سبل للتشغيل الآلي في تحديد تسلسل الـ «دنا» DNA. وهنا، عند هذه النقطة، ظهر كريغ فنتر على المسرح. إنه شخص دينامي غير تقليدي، يثير استجابات قوية لدى الناس المحيطين به. وأوضح ريتشارد بريستون هذه الخصال في عرض لملامح شخصيته في صحيفة الـ «نيويوركر» التي استهلها باقتباس «إن كريغ فنتر أحمق».

وبدأ فنتر العمل في مشروع الجينوم تحت رعاية المعاهد القومية للصحة، ولكنه سرعان ما نفد صبره بسبب الخطو البطيء للبرنامج الفدرالي. ترك وظيفته وأسس «سيليرا جينومكس» Celera Genomics أو «مبحث الجينوم السريع»، وهو شركة خاصة رصدت جهدها لاكتشاف أسرع وأكفأ السبل لتحديد تسلسل الجينوم. واستُحدثت في أثناء ذلك تقنية لإنجاز عملية تحديد التسلسل، والتي أنجزت المشروع قبل تاريخ إتمامه بسنوات، فضلا عن خفض التكلفة عددا من مليارات الدولارات عما كان مقدرا أصلا. وقُدِّمت في أثناء العملية أيضا صورة توضيحية للتغير الهائل المقترن باكتشاف الحواسيب وهو ما ذكرته آنفا.

وتقنيته هذه معروفة باسم الهجمة الخاطفة shotgun، وتشتمل على تقسيم مساحات مؤلفة من نسخ كثيرة من الـ «دنا» لتصبح قطعا صغيرة، ويغذي هذه القطع من خلال ماكينات متوازية تعمل أوتوماتيكيا لتحديد التسلسل، ثم يتولى حاسوب تنسيق القطع المتماثلة و«جمع» كل الجينوم الأصلي. ويشبه الأمر هنا قراءة كتاب عن طريق البدء أولا بتقطيع نسخ كثيرة وإعداد كل جذاذة من الورق لقارئ منفصل، ثم تبدأ الحواسيب - بعد ذلك - في إعادة تجميع النص الأصلي من واقع البيانات التي قدمها جميع القراء. وهكذا كانت الحواسيب في معمل فنتر لها الأهمية نفسها التي هي لعملية التسلسل البيولوجي في الواقع العملي.

ويبين هنا واضحا أن قصة مشروع الجينوم البشري توضح لنا حقيقة واقعة، وهي أن الحواسيب في سبيلها إلى أن تؤدي أدوارا حاسمة في كل مجال من مجالات العلم خلال البحوث الطليعية، حيث نشهد نوعا من التأثير

مشـــابها للتأثيـــر المرتهن بطبيعة المجال ذاته. وهذا واقع من شـــأنه أن يغير أســـلوب ممارســـة العلم، ومن ثم بالتالي تغيير نوع العلم الذي يعرض نفسه مـــن خلال القضايا العامة. لذلك نرى أن الأمر جدير بأن نخصص له بعض الوقت للتفكير في الحواسيب ذاتها، وفي أسلوب أدائها في عالم العلم.

دور الحواسيب في العلم

الحاســـوب أو الكمبيوتر أداة عجيبة مذهلة متعددة الجوانب ومعقدة، ولكنه مع هذا أداة. وشأنه شأن جميع الأدوات يؤدي بعض الأشياء بامتياز. أفضل من البشر. ويؤدي بعضها الآخر بصورة سيئة جدا. وهذه في النهاية طبيعة الأدوات. إن ســـيارتك يمكن أن تسير أسرع مما تسير أنت، ولكنها لا تستطيع أن توازن رصيد دفتر شيكاتك. وهناك بعض الناس يستبد بهم القلق خوفا من هيمنة الحواسيب، بيد أنني أعيد عليهم ملاحظة مطمئنة للفيلســـوف جون ســـيرل تقول: «لا أحد يشـــعر بالقلق خوفا من أن تهيمن الأحذية على العالم، إذن لماذا القلق من الحواسيب؟!» [1].

ولكن الحواســـيب، من وجهة نظـــر العلم، لها قدرتـــان مهمتان: إدارة البيانات والحوســـبة. ونعرف أن كل مجال علمي يســـتثمر هاتين القدرتين بنسب مختلفة، وأنه من خلال هذه العملية يتحول ذاتيا إلى شيء جديد.

ولنأخذ علم الإحاثة (الباليونتولوجي) كمثال. ظل هذا المجال حتى ثلاثين عاما مضت يكاد يكون مقصورا فقط على الدراسة التفصيلية للحفريات كل علـــى حدة، بحيث يجري بذل الجهد بحذر وحب لقياس كل وحدة ووضعها في مكانها مـــن القائمة. ومن ثم كانت صورة الباحـــث الباليونتولوجي إما صورة عالم فظ خشن سارح في ميدان بحثه يجمع الحفريات، وإما عالم له لحية كثة قابع في غرفة خلفية من قاعات أحد المتاحف عاكف على تحليل مكتشـــفاته. وأُدخلت الحفريات الواحدة تلو الأخرى في سجل الحفريات، وهي اللائحة المصنفة لجميع المقالات العلمية عن الموضوع.

كانـــت المشـــكلة أن أحدا لا يســـتطيع إلقاء نظرة على الســـجل في مجموعـــه كوحدة متكاملة؛ نظرا إلى وجـــود تفاصيل كثيرة جدا. وهذه صورة نموذجية تقليدية لمن لا يســـتطيع أن يرى الغابة بسبب الأشجار.

ولكــن في أواخر الســبعينيات شــرع جاك سيبكوســكي، فــي جامعة شــيكاغو، في تغيير كل هذا. غاص في أدبيات العلم وبدأ يجمع سجلا محوسبا لجميع الحفريات المسجلة في تقارير. واعتاد أن يطلق دعابات في هذا الشــأن خلال حلقات البحث التي يعقدها بعرض صورة لمكتبة الجامعة باعتبارها مجال بحثه. ولكن مع تزايد قاعدة البيانات لديه بدأ الحاسوب يكشــف عن حقيقة قوته وطاقته. لن نجد مخا بشريا قادرا على تذكر آلاف المدخلات الواردة في سجل الحفريات، ولكن الحاسوب قادر على ذلك. وهكذا، لم تكد ســعة ذاكرة المخ البشري تزيد وتتعاظم حتــى بدأت الأنماط تظهر من بين المعلومــات. مثال ذلك، أن من أولى النتائج المهمة كانت ورقة بحث كتبها سيبكوســكي بالاشتراك مع زميله داف روب أوضحــا فيها أن نمط الانقراض في تاريخ الأرض يتبع نمطا يتكرر مع اشــتماله علــى حدث انقراض ضخم، وهــو انقراض حيوان الديناصور منذ 65 مليون ســنة مضــت، وأن هذا النمط يتكرر كل 26 مليون سنة.

ولم تكد طاقة اســتخدام ذاكرة الحاسوب هذه تتضح على هذا النحو حتى انتشــر استخدامها انتشار النار في الهشيم في كل المجتمع. وأصبح مــن المتوقع اليــوم أن يكون عالم الباليونتولجي خبيــرا ماهرا في قاعدة المعلومات شــأن عالم الجيولوجيا مع مطرقته، ويشــعر بالألفة مع لوحة المفاتيح كأنه في الميدان. وهنا أســئلة واســعة النطاق: من بقي على قيد الحياة عقــب أحداث الانقراض؟ ومن هلك؟ هــل الكائنات الحية تتطور حقيقة في صورة أحجام ضخمة مع الزمن؟ سبق توجيه هذه الأسئلة ولقيت الإجابات عنها. وهكذا لم يعد في المســتطاع ممارسة علم الباليونتولوجي عمليا هذه الأيام من دون قاعدة بيانات حاسوبية تماما، مثلما لا تستطيع ممارسته من دون حفريات.

وجدير بالذكــر أن القدرة الحاســوبية للماكينــات أدت دورا تحويليا مماثلا في ميادين أخرى. والفكرة الأساســية هنا هي: القسط الأكبر من العلــم قوامه بناء نماذج من العالــم الخارجي، نماذج هدفها محاكاة العالم والتنبؤ بســلوكه. ويجري نمطيا التعبير عــن هذه النماذج في مصطلحات

معادلات رياضية. مثال ذلك عندما حقق إسحق نيوتن نموذجه للكون الذي يعمل كالســاعة، كان العنصر الرئيســي المفتاح في نظريته هو قانونه عن الجاذبية الكونية الذي نكتبه كالآتي:

$$F=GMm/r^2$$

حيث F هي القوة بين جسيمين، وM وm الكتلة لكل منهما، وr المسافة بينهما، وG عدد كوني ثابت يعرف باسم ثابت الجاذبية.

وبمجــرد إثبــات معادلة كهذه تكون المهمة التالية هي حلها في ســياق محدد، مثال ذلك استنتاج مدار القمر، أو حركتي المد والجزر في المحيطات في الكرة الأرضية. وهنا تبدأ المشكلة، لأنه بمجرد أن نتجاوز أدنى مستوى ممكن من التعقد حتى تتقصف أساليب الورقة والقلم التقليدية للحل.

وحري بنا أن نتأمل حركة الأجسام في المجموعة الشمسية كمثال. ثمة قــوى جذب كثيرة في كل لحظة تؤثر في كوكــب مثل الأرض. وطبيعي أن الشــمس لها تأثير ضخم، ولكن هذا أيضا صحيح بالنســبة إلى الكواكب والأقمار الأخــرى. وإذا تخيلنا تجمد حركة الكواكب للحظة. نضغط على زر التوقف إذا شــئت. هنا يمكنك حســاب القوة F في معادلة نيوتن بأن تجمع كل هذه القوى الفردية من الكتل المعروفة للأجسام الأخرى والمسافة بين كل منها والأرض. وهكذا يمكنك بهذه المعارف حساب كيف أن كل قوى الجذب هذه تجعل الأرض تتحرك. ولك، إذا شئت، أن تجري حسبة مماثلة لكل جرم آخر من أجرام المجموعة الشمسية.

كل شــيء على ما يرام إذن، ولكن الأمور تبــدأ الآن في التعقد. إذا رفعنا إصبعنا عن زر التوقف وبدأت الكواكب والأقمار في الحركة، فإنها ستبدأ في إحداث رد فعل لقوى الجذب التي فرغنا من حســابها لفورنا. ولكن بعد ثوان قليلة سيكون كل شيء في حركة. معنى هذا أن جميع القوى تغيرت، وأن القوة F التي حسبناها في أثناء التوقف لم تعد هي القوة الفعلية المؤثرة في الأرض. وعلينا، لعــلاج ذلك، أن نضغط على زر التوقف ثانية ونعيد حســاب القوى، ونعــرف الاتجاهات الجديدة للحركة، ثم ندع الأجســام تتحرك ثانية. ونحن حين نخطو على هذا النحو بالتبادل بين التوقف وإطلاق الحركة نستطيع في واقع الأمر أن نتنبأ بالحركة المستقبلية لكل جرم من أجرام المجموعة.

وهـــذه عملية معقدة تشـــتمل على كـــم كبير من العمليات الحســـابية، واتبع العلماء تقليديا نهجا محددا لذلك، وهو محاولة بناء نموذج مبســـط للمجموعة الشمسية مع إغفال بعض التأثيرات التي نظن أنها ضئيلة. وأول خطـــوة في هذه العملية ربما تتمثل في التفكير في أمر الأرض والشـــمس كمثال. ونســـتطيع في هذه الحالة أن نســـتخدم حساب التفاضل والتكامل لاســـتنتاج مدار كوكب مـــا بالورقة والقلم (وهو على شـــكل قطع ناقص). وهذه هي تحديدا المشـــكلة التي شغلت فكر نيوتن واستحدث معها حساب التفاضـــل والتكامل. ولكن إذا انتقلنا من البســـاطة وأضفنا جســـما آخر - القمر أو المشـــتري مثلا - فلن تســـتطيع الوصول إلى حل عن طريق الورقة والقلم، بل سنجد أنفسنا قد عدنا إلى حالة التعقد التي وصفناها آنفا.

اعتـــادت المراصد الفلكيـــة، في أواخر القرن التاســـع عشـــر ومطلع العشـــرين، أن تســـتخدم طاقما كبيرا من العاملين وظيفتهم الوحيدة هي إنجاز مثل هذه الأنواع من العمليات الحسابية المجهدة، مستخدمين جداول اللوغاريتمـــات. وكم هو طريف أن نذكر أن هؤلاء العاملين كانوا يســـمون الحواسيب computers، وبوسعي أن أتذكر نعيا لفقيد مع موجز لسيرته الذاتية نشرته صحيفة علمية منذ بضع سنوات بمناسبة وفاة آخر حاسوب (كمبيوتر) بشري. ولكن هناك حدودا لتعقد الحسابات التي يمكن إجراؤها بهذه الطريقة، مادامت عملية الحساب البشرية بطيئة نسبيا.

وطبيعـــي أن ظهور ماكينات الحســـاب الحديثة غيَّـــر كل هذا. ليس لأن الحاســـوب يمكنه في ثوان أن يحسب ما يستغرق شـــهرا بطريقة الحساب البشـــرية، بل أيضا لأن الحاســـوب بإمكانه معالجة ما هو أشد تعقدا. مثال ذلك أن لا فارق بالنسبة إلى الحاسوب أن نتوقف عند إضافة القمر والمشتري أو أن تضيـــف جميع الكواكـــب وأقمارها مع بضع عشـــرات من الكويكبات الســـيارة. إذ إن هذا لا يحتاج إلى أكثر من بضعة من الـ «مللي ثانية» (جزء من الألف من الثانية) زيادة لإضافة قواها عند حساب القوة F.

ولكن الملاحظ منذ الثمانينيات أن هذه القدرة على الوصول إلى حلول رقميـــة للمعادلات المعقدة أحدثت ثـــورة في كثير من ميادين العلم. وحدث أنني في السبعينيات شاركت في مجال يسمى «ميكانيكا الموائع»، وهو فرع

من الفيزياء ويعالج مشـــكلات من مثل دفق السوائل أو الغازات. وأذكر أن حدود الحساب بالحواسيب (الكمبيوتر) التي لدينا آنذاك هي حساب دفق الهواء فوق جناح سميك لطائرة تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الصوت. وكانــت تصميمات الطائرات وقتــذاك يتعين اختبارها عــن طريق وضع نمــاذج داخل أنفاق هوائيــة مصمتة ومكلفة. ولكن مــع نهاية الثمانينيات تحســنت الحواسيب إلى الحد الذي أصبح بالإمكان تصميم كل الطائرات عن طريق استخدام نوع من التقنيات الرقمية سبق أن حددنا معالمها فيما ســبق. وأصبح في الإمكان حســاب ومعرفة درجات الضغط والجهد على أي جزء من أجزاء الســطح الداعم للطائرة. ويعرف المهندســون من ذلك كــم القوة اللازمة لكل جزء من أجزاء الهيــكل. وجدير بالذكر أن الطائرة بوينــغ 777 كانت أول طائرة تجارية جرى تصميمها بالكامل بالحاســوب (الكمبيوتــر). إذ عند تصميم هذه الطائرة تم تخزين جميع الأســطح في حواســيب، واختُبرت عن طريق تدريبات مصغــرة افتراضية ضمت عددا من المهندسين، بل والمســافرين، قبل اتخاذ القرار بشأن كل قطعة معدنية لتحديد معالمها وتقطيعها.

ولنقــل هذا بعبــارة أخرى: إننا في هذا المجال لــم نعد نجري تجارب علــى نماذج فيزيقية أو، بدقة أكبــر، أن النماذج التي نجري عليها تجاربنا مختزنة داخل الحاسوب وليست في الخارج في العالم الواقعي. ونستخدم مصطلحا للدلالة على مثل هذا النوع من عملية بناء طائرة، وهذا المصطلح هــو التصميم الحاســوبي أو التصميم وفق نموذج حاســوبي computer modeling. ويظهــر واضحا فــي الواقع أن قدرتنا الحاســوبية الجديدة تســمح لنا ببناء نماذج مــن العالم الواقعي داخل الماكينات. كما تحســنت الحواســيب على مدى العقديــن الأخيرين (وفقا لقانــون مور الذي يقول إن ســرعة الحواسيب ســوف تتضاعف كل 18 شــهرا)، وأصبحت أسرع وأرخص. وهكذا نستطيع الآن عمل نماذج لمنظومات أكثر وأكثر تعقدا.

وها نحن اليوم يمكن أن نجد نماذج حاســوبية متعددة المســتويات من حيــث درجة التعقد (والمصداقية) في مجالات واســعة ومتباعدة، من مثل التنبؤ بمســتقبل المناخ (موضوع سنعود إليه فورا) والإشارات العصبية في

المخ، وسلوك سوق الأسهم. ونجد في أغلبية هذه المجالات أن الحائل الوحيد المؤثر في مدى التقدم هو سرعة وسعة الحواسيب. ولكن حيث إن قانون مور له نتيجة حتمية، فإن العلماء بوسعهم تضمين المزيد والمزيد من التفاصيل في نماذجهم، وهو ما يعني أن النماذج في سبيلها إلى أن تسلك على غرار العالم الواقعي أكثر فأكثر. (هنا طريقة مهمة للتفكير في نتيجة قانون مور: العملية الحسابية التي يمكن أن تتم اليوم عن طريق أفضل حاسوب فائق السرعة في العالم سوف تكون بعد 15 سنة من النوع الذي ينجزه حاسوبك الشخصي).

معنى هذا أن الزيادة المطلقة والمتاحة للقوة الحاسوبية لن تواصل اطراد تحسنها فقط، بل ستكون لها نتائج مهمة في كل مجالات النشاط العلمي. وهناك الآن مجالان جديدان في العلم ـ نظرية الشواش ونظرية التعقد ـ تعود نشأتهما بالكامل إلى توافر الحواسيب. ترى ماذا ستكون أفرع العلم التقليدية وقتما يتهيأ طلاب المدارس الابتدائية اليوم للنهوض بدورهم كمواطنين؟ هذا هو السؤال الذي سأتحول إليه الآن.

النظرية والتجربة والطريق الثالث

ينقسم العلماء، تقليديا، إلى معسكرين تأسيسا على نوع العمل الخاص بكل منهم. نجد على أحد الجانبين من يعملون داخل المعامل أو المراصد، عاكفين على اكتشاف طبيعة العالم الذي نعيش فيه. ونجد على الطرف الآخر العلماء الذين حاولوا تفسير هذه النتائج وإنتاج نماذج (عادة نماذج رياضية) تمثل العالم. ويشار إلى هذين المعسكرين بالتجربة والنظرية على التوالي. وحدد العلماء نمطيا اختيارهم بين هذين النهجين الكبيرين. ويتحدد الاختيار أحيانا مع السنة الثانية في التعليم الجامعي، ثم يقضون بقية حياتهم العملية ملتزمين بالنتائج المترتبة على هذا الاختيار.

ولهذا السبب نحن نرى التقدم العلمي أشبه بنوع من رقصة الفالس الجدلية أو التبادلية على مدى التاريخ، حيث أصحاب النظرية يقدمون تنبؤاتهم بينما أصحاب التجارب يتولون مهمة: إما تحقيق هذه التنبؤات داخل المعمل، وإما نفيها. ويمثل اكتشاف النماذج الحاسوبية

تحديا لهذا المخطط التصنيفي الخالص. واضح أن نموذج الحاسوب ليس نظرية في واقعه الحقيقي، ولكنه ليس أيضا تجربة في واقعه الحقيقي. إنه شيء آخر، وبدأ علماء كثيرون يرون صناعة النماذج الحاسوبية - أو بأسلوب رسمي أكثر العلم الحاسوبي - طريقا ثالثا لأداء عملنا في مهنتنا.

يبدأ نموذج الحاسوب بنظرية - مثال ذلك أنه في حالة الطائرة يبدأ بالقوانين المعروفة الحاكمة للغازات القابلة للانضغاط، مثل الهواء. ويضيف كثيرا من الأمور الأخرى التي يمكن اشتقاقها من النظرية أو ربما من التجربة. مثال ذلك، ربما لا تكون هناك نظرية تصف الاحتكاك بين نوع خاص لسطح معدني والهواء في درجة حرارة أو ضغط مميز. لذلك فإن ما يحدث هو أن نأخذ نتائج القياس التجريبي لهذه الكمية ونلقمها في النموذج بدلا من المعادلات النظرية. وأخيرا فإن المدخلات إلى النموذج ستكون ممثلة لأفضل معارفنا عن جميع العوامل التي يمكن أن تكون ذات أهمية في تصميم الطائرة. وعند هذه النقطة تبدأ مهمة الحاسوب الذي يجري عمليات حسابية لكل هذه المدخلات بالأرقام، ثم يكشف لنا أخيرا أي كميات طلبنا منه حسابها.

ونجد بعامة أن أنواع الحوسبة التي تتم بهذه الطريقة أشد تعقدا بما لا يسمح للبشر بمراجعتها خطوة خطوة. إذ يستغرق هذا وقتا طويلا جدا. وهكذا يمكن القول إن الحسابات الفعلية تكون عادة أشبه بالصندوق الأسود - تلقم الحواسيب أرقاما ومعادلات هنا لتخرج لك الإجابات هناك. ويصل بنا هذا إلى المشكلة الأساسية التي تصادفنا في هذا المجال الجديد للعلم: كيف لنا أن نثق بنتائج النموذج إذا كنا لا نعرف حقيقة كيف تأتّى استخلاصها؟

ونجد على المنوال نفسه، وبسبب تعقد عملية الحساب، أن من الصعوبة للغاية أن نقول ما إذا كان بعض التقريب الذي حدث في جزء من البرنامج قد أخرج لنا النتائج كاملة أو لا. مثال ذلك: إذا تمثلت خشونة سطح الطائرة في صورة سلسلة من النتوءات الكروية الصغيرة (لك أن تتصور سلسلة من كرات البنغ بونغ مقطوعة نصفين وملصقة بالجناح) بدلا من

الشـــكل الأكثر واقعية وتعقدا لســـطح جناح الطائرة، فهل ستكون النتائج الحســـابية ممثلـــة حقا لما يحدث علـــى جناح طائـــرة وحقيقية؟ ويتحول الســـؤال الأساســـي إلى ما يلي: كيف لك أن تعرف أن العالم الذي خلقته داخل نموذج حاسوبك هو عمليا مثل العالم نفسه الذي نعيش فيه؟ وهذه المشكلة نسميها مشـــكلة المصادقة على النموذج أو الثقة به، وهي مشكلة وإن قلـــل البعض من تقييمه لها لكنها تمثل جزءا حاســـما ضمن الطريق الثالث لممارسة العلم.

ولدينا ســـبل كثيرة للتثبـــت من صحة النموذج. فـــإذا كنا بصدد صنع نمـــوذج لمنظومة واقعية (مثل طائرة أو منظومـــة إيكولوجية لغابة forest ecosystem) فإننا نســـتطيع أن نتبين إذا ما كان ســـلوك المنظومة داخل الحاســـوب يُضاهي ســـلوك المنظومة في عالم الواقع. ويبدو هذا بسيطا، ولكـــن لنفكر فيما يلي: أي نموذج على درجة معتدلة من التعقد يفضي إلى كثيـــر وكثير من التنبـــؤات. إن أضخم نموذج لمنظومـــات إيكولوجية للغابة شـــاهدته في حياتي تديره وزارة الزراعة، وســـوف يقدم تنبؤات عن أمور كثيرة، من مثل أنماط الأشجار التي سوف تزدهر في منطقة بعينها، وعدد الأقدام اللوحية (*) لألواح الخشب ستنتج عن كمية محددة، وهكذا. وإنما يحدث عادة أن نجد أن بعض هذه التنبؤات وليدة ملاحظات بينما الأخرى ليســـت كذلك. وطبيعي أن هذا من شـــأنه أن يثير سؤالا مهما: ما النسبة المئويـــة من الملاحظات اللازمة لتضاهي التنبؤات قبل أن نقول إن النموذج تمثيل صحيح للواقع؟

هذه مســـألة مهمة لأنها تســـتلزم نوعا من الحكم يتجاوز كثيرا التأكيد المنحصـــر في التنبـــؤ - التجربة، أو منهج الرفض المســـتخدم في التدريس المعياري للمنهج العلمي. إذا كنا بصدد اســـتخدام النموذج لصوغ سياســـة عامـــة مثلما حدث في حالة نمـــاذج المنظومة الإيكولوجية للغابة ســـالفة الذكر، أو لنماذج المناخ التي سنناقشـــها فيما يلي، إذن يلزم أن يتوافر لدى المواطنين على الأقل بعض الفهم لكيفية إصدار أحكام كهذه.

(*) الأقدام اللوحية board feet: وحدة قياس مكعبة للخشـــب تســـاوي جزءا من 12 من القدم المكعبة [المترجم].

كذلك فإن تعقد العمليات الحســابية في كثير من النماذج يثير مشكلة أخرى تسبب الإحباط. إننا حتى لو افترضنا أن نتائج النموذج تضاهي ما نــراه في عالم الواقع، فكيــف لنا أن نتأكد من أننا لم نحصل على الإجابة الصحيحة عن ســؤال خطأ؟ مثال ذلك: كيف لنا أن نعرف أننا لم نقع في خطأين وتصادف أن ألغى كل منهما الآخر في هذه العملية الحسابية، ولن يؤديا إلى ذلك عندما نســتخدم النموذج كأســاس لسياسة المستقبل؟ هذا سؤال صعب.

وثمــة طريقــة أخرى لاختبــار نتائج نمــوذج، وهــي تغيير بعض المدخــلات لنرى ما إذا كانت النتائج النهائية رهينة التغير. مثال ذلك المثال الذي أســلفناه عن دفق الهواء فوق جناح خشــن الملمس، حيث بوســعنا أن نغير حجــم كرات البنغ بونغ والفواصــل بينها، ونرى هل تغيــرت أي من خصائص الطيران التي تنبأنا بهــا. إذا لم تتغير إذن لنــا أن نقول إنه حتى لو لم يكن نموذج الخشــونة الذي لدينا صوابا تمامــا، فإن أي اختلافات موجودة لن تســبب أي فارق عن النموذج. ويسمي العلماء هذه العملية اكتشاف قيمة ثابت الفواصل exploring parameter space.

ومشــكلتنا مع هذا النهج هي أنه غالبا ما يســتغرق من الحاســوب وقتا طويلا لتشغيل النماذج، وغالبا ما تكون هناك مئات بل آلاف القيم الثابتة التي يمكن أن تتباين. معنى هذا أن كمية الاستكشاف التي يمكن إنجازها عمليــا غالبا ما تكون محدودة جــدا بالمقارنة بإجمالي العدد المحتمل للتباينات. ومن ثم فإنه لأمر عادي جدا بالنسبة إلى نوع نماذج المناخ التي سأناقشــها، أن تســتغرق أشــهرا من عمل الحاسوب للتنبؤ بالمناخ على مدى 100 عام من الآن. وهكذا نجد أنفسنا ثانية إزاء حكم بالمثــل: كم عدد العمليات التي علينا أن نؤديها لاستكشــاف قيمة ثابت الفواصــل قبل أن نكون على ثقة بأن جهلنا بالتفاصيل في عملية بذاتها لــن يؤثر في الناتج النهائــي؟ كيف لنا أن نتأكد مــن أن الدورة التالية لتشــغيل الحاسوب (التي لم نعملها بعد) لن تنحرف على نحو هائل عن حسبتنا التي وصلنا إليها؟

إن القضية المحورية التي تتعين مواجهتها من منظور تعليمي هي إذن كيف نصل بطلابنا إلى حالة الألفة مع هذا النوع من العلم، على الرغم من كل ما فيه من تعقد، وحتى يمكنهم إصدار مثل هذا النوع من الأحكام التي ستكون مطلوبة منهم في حياتهم بعد ذلك؟ وأعتقد، كما يوحي عنوان هذا الفصل، أنه إذا كان الطلاب من نوع النماذج التقليدية القائم على التجارب المعملية، حيث يتعاملون كمثال مع تدحرج كرات على أسطح مائلة ليساعدهم هذا على فهم عالم غاليليو البسيط نسبيا، فإنهم لن يمضوا بعيدا جدا في العالم الجديد الجسور القائم على علم الحواسيب. ولكن عليهم - على الأقل - أن يعرفوا أن هذا العالم الجديد قائم وموجود، وأن أسلوب الإجابات البسيطة بنعم أو لا عن الأسئلة العلمية سيكون أشد عسرا في المستقبل مما كانت عليه الحال في الماضي.

نماذج المناخ: حالة واقعية

ونحن بصدد تأليف هذا الكتاب عادت ثانية مسألة احترار الكوكب لتستحوذ على الاهتمام العام. وإذا تحدثنا من وجهة النظر السياسية نقرر أن هذه القضية تتألف من «زوبعة كاملة» ومتضمنة كما هي في الواقع علما معقدا وخيارات غير محببة على المستوى الشخصي والسياسي، مع الوعد ببذل الجهد الفوري بغية تحقيق عائد بعيد وغير يقيني. ولا نجد هنا شيئا بسيطا عن الموضوع، يمكن أن نعتبره مثالا جيدا لنوع المناقشة التي يتعين أن نعد طلابنا بها لاستقبال القرن الواحد والعشرين.

ونثبت من باب التسجيل أننا نعرف أن الكوكب آخذ في الاحترار منذ نهاية العصر الجليدي القصير (*) في منتصف القرن التاسع عشر. والسؤال الحقيقي هو: كم من الاحترار طبيعي وكم منه راجع إلى النشاط البشري؟

(*) العصر الجليدي القصير Little Ice Age: إشارة إلى فترة برودة شديدة بعد حقبة دافئة في شمال الأطلسي، كانت معروفة باسم فترة الدفء الوسيط. ووصف العصر الجليدي القصير لا يشير إلى عصر جليدي حقيقي، بل هو وصف استخدمه فرانسوا إي. ماتيس في العام 1939. وتختلف تقديرات علماء المناخ والمؤرخين في تقدير الفترة التاريخية. ويحصرها البعض في الفترة من القرن السادس عشر وحتى منتصف القرن التاسع عشر. [ويكيبيديا ـ المترجم].

إن الفيزياء الأساسية لاحترار الكوكب ليست موضوع سجال. نعرف أن البشر إذ يستخدمون الوقود الأحفوري إنما يضيفون مزيدا من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. ويعمل ثاني أكسيد الكربون عمل ما يسمى غاز الدفيئة، ويمتص الأشعة تحت الحمراء المنطلقة من سطح الكوكب؛ ما يؤدي إلى خلق ما يشبه نوعا من الغطاء الذي من شأنه، في حال ثبات الأوضاع كما هي، أن يرفع درجة حرارة الأرض. والسؤال إذن: ما التغيرات التي ستحدث في الحرارة والمناخ نتيجة إضافة معينة من ثاني أكسيد الكربون؟

هناك كوكب أرض واحد، ولذلك لا نستطيع عمل تجارب نضيف فيها كميات مختلفة من غاز ثاني أكسيد الكربون إلى غلاف الجو لنرى ما سوف يحدث. معنى هذا أن سيناريو التنبؤ والملاحظة الذي ناقشناه في الفصل الأول لن يساعدنا كثيرا في الحوار بشأن احترار الكوكب. ولكن العلم الحاسوبي هو وحده الذي يمكن استخدامه للإجابة عن السؤال عن نتائج نشاط البشر على الكوكب. وهذا بدوره يعني أن علينا بناء نموذج حاسوبي يشتمل على كل شيء من شأنه التأثير في المناخ. وتسمى هذه النماذج «نماذج الدورة الكوكبية» (ن. د. ك) Global circulation models GCMs. وأود أن أبقى هنا وقتا قليلا لأصف هذه النماذج حتى تتضح تعقدات العمليات الحسابية.

تنطوي عملية إنتاج نماذج للدورة الكوكبية على صعوبات كثيرة. هناك مثلا كمية غير قليلة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بغض النظر عن الأنشطة البشرية. وواقع الأمر أنه لولا هذه الدفيئة الطبيعية لتجمدت المحيطات على مدى مليارات السنين الماضية، كما أن متوسط درجة حرارة الكوكب ستكون 18 درجة تحت الصفر المئوي أو بضع درجات تحت الصفر بالمقياس الفهرنهيتي. إن الاحترار المتوقع بسبب الأنشطة البشرية لا يزيد عن بضع درجات مئوية قليلة، لذلك يجب أن يكون النموذج قادرا على حساب ما هو - عمليا - تصويب قليل لظاهرة طبيعية ضخمة. وهذه دائما مهمة عسيرة (المعتاد إثبات الاحترار المتوقع بدرجات مئوية. ونظرا

إلى التقديـرات التقريبـية التـي سـوف أسـتخدمهـا هنـا، تكفـي مضاعفـة التغير بالدرجات المئويـة للحصول على معادل قريب جدا بالدرجات الفهرنهيتية).

وكم هو يسـير بناء نموذج للدورة الكوكبية، وهو أيسر كثيرا من إنجاز المهمة المناطة به. نبدأ بتقسيم الغلاف الجوي والمحيط إلى صناديق متمايزة، حيث حجم الصناديق يعتمد على قوة الحاسـوب (وهذه نقطة سوف أرجع إليها فيما بعد). نضغـط على زر التوقف ونطبق قوانين الفيزياء المعروفة على السـائل في كل صندوق، ونحسـب عناصر مختلفـة من مثل تغيرات الحرارة ودفق الطاقة وتكثف أو بخر الماء، وحركة غازات محددة وغيرها. وبمجـرد أن نفرغ من هذا حتـى نبدأ نخطو بالنمـوذج خطوة أخرى إلى الأمام، ونضغط ثانية على زر التوقف ونكرر العملية؛ واضعين في الاعتبار حركة (كمثال) السـوائل أو الطاقة مـن صندوق إلى الذي يليه. وعادة في برنامج الحاسوب من مثل النوع المستخدم لاستنتاج تنبؤ الطقس عند المساء مثلا ستكون الصناديق نحو عشـرات الكيلومترات الإضافية، وأحد عشر صندوقا مكدسة من السـطح إلى قمة الغلاف الجوي، ويتحرك البرنامج إلـى أمـام 20 دقيقة بين كل فترة توقف وأخرى. وتنتـج عن هذه العملية نمطيا بضع عشرات الملايين من الصناديق لكي يعالجها الحاسوب. وتمثل هذه الأرقام الحد الذي رسـمته السرعة الحاسـوبية للماكينات؛ مقترنة بالقـدرة على إيجاد تنبؤ الغد قبل مجيئه فعليا. وإذا أردنا حسـاب المناخ لمدة مائة عام مقبلة من الآن فسيكون لزاما علينا تبسيط العملية الحسابية عن طريق توسـيع حجم الصناديق لتتسع لأكثر من مائة كيلومتر إضافية، وتشغيل الحاسوب لعدة أشهر بدلا من عدة ساعات.

وتوجـد حرفيـا مئات الكميات التـي يلزم تلقيمها في نمـاذج الدورة الكوكبيـة قبل بدء التشـغيل. مثال ذلـك نعرف أن الجليـد يعكس ضوء الشـمس السـاقط عليه، بينما المـاء يمتصه. وإذا ارتفعـت درجة حرارة العالم داخل الحاسـوب فإن علينا تقديـر كمية الجليد التي تذوب بين كل فترة توقف وأخرى، ونعدل الدفء الناتج عن ضوء الشـمس الداخل وفقا لذلك. كذلك فإن كميات من مثل غزارة الخضرة النباتية وغطاء السـحاب

وجسيمات الهباء (الأيروسول) في طبقات الجو العليا، علاوة على عوامل أخرى كثيرة، يتعين إدخالها قبل أن تبدأ نماذج الدورة الكوكبية في التنبؤ. وأوضحنا فيما سبق أن علينا الحذر خشية الخطأ في أي منها، وإذا حدث فإن علينا أن نعرف تأثير ذلك في ناتج تشغيل الحاسوب. وبعد أن نحدد الوقت اللازم لكل تشغيلة، يجب أن يكون واضحا أن مهمة اكتشاف قيمة ثابت الفواصل بالنسبة إلى هذه النماذج مهمة مذهلة على أقل تقدير. وهذه مجرد مشكلة واحدة يتعين التفكير فيها عند الحصول على تنبؤات (مشكلة أخرى أن شبكة من عدة مئات الكيلومترات الإضافية لا يمكنها أن تفيد كثيرا لتمثيل عواصف كبرى مثل الأعاصير).

ولاتزال هناك مشكلة أخرى: نعرف أن للسحاب دورا كبيرا وإن كان معقدا في تحديد المناخ. إذ تميل بعض السحب إلى الاحتفاظ بالحرارة على السطح، بينما سحب أخرى تميل إلى عكس ضوء الشمس. ونعرف أيضا أن السحب نادرا ما تتكاثف بكميات كبيرة على مدى عدة مئات الكيلومترات. معنى هذا أن استخدامنا لصناديق بهذا الحجم يجعل من الصعب علينا حساب آثار السحاب بدقة. وهذا قيد يفرضه علينا واقع الأغلبية العظمى من الحواسيب الراهنة. ولكن بدأ هذا القيد ينتفي مع بدء تشغيل الحاسوب الفائق العملاق المسمى «محاكي الأرض» في يوكوهاما في العام 2002. وقد بُنيت هذه الماكينة خصيصا لعمل نموذج للطقس والمناخ لكوكب الأرض. وتعتبر سريعة جدا بما يكفي لخفض حجم الصناديق إلى مدى 10 كيلومترات، مع إمكان حقيقي للانخفاض إلى مدى كيلومتر واحد. والحقيقة أن هذه العمليات الحسابية تشتمل على تفاصيل كثيرة جدا إلى درجة أن مراقبة ناتج أو مخرجات الماكينة أشبه بمراقبة فيلم سينمائي صُوِّر من كوكب اصطناعي للطقس. وعلى أي حال فإن هذا الجانب من مشكلة السحب سوف يُحلُّ عمليا وفق نبوءة قانون مور مع تحسن الحواسيب وزيادة سرعتها.

وبمجرد أن ينخفض حجم الصناديق ليصبح مثل حجم السحب حتى نواجه مشكلة أخرى أكثر أساسية وصعوبة. واقع الأمر أننا لا نعرف بعد ما يكفي عن كيفية تشكل السحب وكيف تعمل حتى نستطيع التنبؤ بما

سـوف يحدث عندما، مثلا، تنخفض درجة حـرارة جو ذي رطوبة محددة عدة درجات. ونظرا إلى أهمية السحب في التنبؤ بالمناخ في المستقبل، فإن جهلنا بهذه الحقيقة سـيؤدي إلى شكوك كبيرة في التنبؤات التي يخرجها لنا نموذج الدورة الكوكبية.

وبسـبب هذه الشـكوك وشـكوك أخرى من أنواع مختلفـة، تقدمت جماعات مختلفة من العلماء بسـيناريوهات متعددة ومتنوعة بشـأن مناخ الأرض مسـتقبلا. وأصبح مألوفـا الحديث عن كمية الاحتـرار التي من المتوقـع أن تنتج عن تضاعف مسـتوى ثاني أكسـيد الكربـون زيادة على مسـتوياته قبل عصر الصناعة واعتبار ذلك المستوى معيارا في المناقشات الجارية (المسـتويات الراهنة أعلى من مسـتويات مـا قبل الصناعة بنحو الثلث). وتوجد لجنة الخبراء الحكومية الدولية المعنية بتغيرات المناخ، وهي لجنـة دولية ضخمة، وهي الأقـرب، دون أي لجان أخـرى، لتمثل توافقا في الآراء بشـأن الرأي العلمي في هذا الموضـوع. تنبأت هذه اللجنة في العـام 2007 بأن درجة الحرارة هذه سـوف تزداد لتصل إلى ما بين 1.5 و4.5 درجـة مئوية، مع أفضل التقديرات التي تصل إلى 3 درجات مئوية. وتشير إلى أن الأرض ارتفعت حرارتها أقل قليلا من 1.5 درجة مئوية منذ نهاية ما يُسمى العصر الجليدي القصير في منتصف القرن التاسع عشر، هذا بينما الخروج من العصر الجليدي الأخير منذ 10 آلاف سـنة مضت تراوحت درجة الحرارة فيه إلى إجمالي 5 درجات مئوية.

والمأمـول في أفضل العوالم الممكنة أن نتمكن من أن نؤسـس قرارات سياسـاتنا بشـأن تخفيف حدة حرارة الدفيئة على أساس تحليل التكلفة والعائـد. ونأمل أن نتمكن من أن نقول عبارات مثل «إضافة س من أطنان ثاني أكسـيد الكربون إلى الغلاف الجوي من شأنه أن يسبب قدر كذا من زيـادة الحرارة والذي سـتكون تكلفته كذا، بينما تقليـص هذه الانبعاثات سـوف يكلف كذا في صورة مرافق أساسـية إضافية أو نشاط اقتصادي ضائع». ونجد حججا كثيـرة في مجال هذه المقارنة. مثال ذلك: كم حجم القيمة التي نخسـرها بسبب فقدان نوع من النبات غير معروف أو بسبب تغيـرات غير مواتية تلحق بالمنظومـة الإيكولوجية للغابات؟ بيد أن الفكرة

الأساسـية هي أنه بسبب الشـكوك في نماذج الدورة الكوكبية لا نستطيع حتى الدخول في هذا الحوار لأننا لا نستطيع أن نتحدث بأي درجة عالية من اليقين ونقول ما النتائج المتوقعة في المناخ بسبب نشاط بعينه. ومن ثم فإن الموقف، كما قلت، هو تقرير باحتمال حدوث أشياء مادام الأمر متعلقا بالحـوارات العامة. ومادام العلم المختص شـديد التعقـد وربما لا يفهمه جيدا أي امرئ من خـارج الدائرة الضيقة من الخبراء. كذلك فإن الطرق المعياريـة للثقة فـي، والمصادقة على، نماذج الـدورة الكوكبية يمكن بالمثل أن تعطي نتائج ملتبسـة. إننا إذا ما سـألنا: هل تعطينا وصفا دقيقا لعالم الواقـع فإن الإجابة بأنها تحقق نتائج جيدة في مجالات، وليسـت بالقدر نفسـه من الجودة في مجالات أخرى. وإذا حدث على سبيل المثال وطلبت منها «التنبؤ» بحالة المناخ على مدى القرن العشـرين فإنها تعجز عن ذلك من حيث المبدأ. هذا على الرغم من أن بإمكانها تقديم نبوءات معقولة عن طريق تعديل عدد من ثوابت المعادلات المختلفة.

دلالات تعليمية

يمكن أن نستخدم مشكلة الاحترار الكوكبي كحالة تمثل نموذجا إرشاديا للدلالة على علم المستقبل، ونسأل عن أنواع المعادلات التي سيكون طلابنا في حاجة إليها للتعامل معها عن فهم وذكاء. يبدو واضحا أننا لا نسـتطيع أن نتوقع أن يبني كل امرئ نموذجا للدورة الكوكبية خاصا به، ولا أن يتحقق بنفسه من التنبؤات التي قال بها العلماء. كذلك ليس لنا أن نتوقع أن يكون كل امـرئ مطلعـا - بناء على دراسـة وتجربة - علـى تفاصيل المقاربات المختلفـة التي يجري تلقيمها للنماذج. إن أغلبية العلماء (ومنهم المؤلف) لا يعرفون - حقيقة - كثيرا عن هذا. لذلك علينا أن نفكر بشأن ماهية أنواع القضايـا، تحديدا، التي نريد من مواطنينا المتوسـطين أن يكونوا قادرين على معالجتها والتعامل معها.

وأعتقد أن المهمة التعليمية الأخطر شـأنا هي التأكد من أن المواطنين المتوسـطين يعرفون أي أنواع الأسـئلة التي ينبغي أن يسألوها في موقف بعينه. مثال ذلك أنه في حالة الاحترار الكوكبي يمكننا تناول هذه المشـكلة

عـــن طريق التفكير في القضايا العلميـــة، باعتبار أنها مؤلفة من مجموعة أســـئلة متعددة الطبقات، وأن كل طبقـــة أكثر عمومية من الأخيرة. ويتعلق الســـؤال الأساســـي الأول بالمدخلات الفردية في نموذج الحاســـوب، مثل سؤال: هل حصلنا على تقديرات صحيحة لتغيرات الجليد في البحر؟ هذا ســـؤال علمي محض، ولعل الأفضل تركه للخبراء. ويتضمن الثاني ســـؤالا عمـــا يحدث عند تلقيم هـــذه المدخلات في نموذج الـــدورة الكوكبية: هل النتائج النهائية ســـتكون حساسة إزاء أي شكوك مهما كانت عند المستوى الأول؟ كم عدد القيم الثابتة للفواصل التي اكتُشفت، وهل تكفي؟ الإجابات عن هذه الأســـئلة تبدأ بإفادتنا عن كمية اليقين الذي سوف نلقمه لتنبؤات نموذج الدورة الكوكبية. ونواجه عند المســـتوى الثاني مشكلة المصادقة: هل الأوصاف التي لقمناها للحاســـوب عـــن العالم تضاهي العالم الذي نعيش فيه فعليا؟ وهذا سؤال سيدور الجدل العلني بشأنه بين العلماء، وهو جدل يمكـــن للمواطن العادي أن يتابعه. وأخيرا ســـنضطر إلى مواجهة ما يمكن القول إنه المشـــكلة الأصعب قاطبة: مع التسليم بأن مناخ الأرض في تغير دائم، فما قدر الاحترار الراهن الذي يرجع فعليا إلى النشـــاط البشـــري؟ إننـــا بعـــد أن نفرغ من هذا كله يمكن البدء في التعامل مع خط الأســـاس الحقيقـــي: ماذا عســـانا أن نفعل (أو ألا نفعل) بشـــأن الاحترار الكوكبي؟ إن القضايا البارزة ســـتكون موزعة على طبقات وفق هذا الوضع من دون اعتبار لمدى تعقد العلم الداعم للجدل الذي سيدور مستقبلا.

ترى ما المعارف الأساســـية التي يحتاج إليها المواطن المتوسط للتعامل بنفســـه مع هذه القضايا متعددة الطبقـــات؟ طبيعي أن أول ما يحتاج إليه هو معرفة ما يكفي عن العلم الأساسي الخاص بفهم كيفية إنتاج التنبؤات عـــن الاحترار الكوكبي، وأن يتوافر لديه بعض الفهم عن مظان الشـــكوك المختلفة ومصادرها. وينبغي أن يعرف أيضا ما يكفي عن مناهج العلم لكي يفهـــم أنه حتى لـــو كان العلم عاجزا عن تقديم إجابات يقينية عن أســـئلة مهمـــة الآن فورا، فإنه على الرغم من هذا يمكن أن يوفر لنا الطريق الذي يرشـــدنا إلى اتخاذ القرار، ومن ثم إلى تكوين صورة تنطوي على أقل قدر ممكن من عدم اليقين. وحري به، في النهاية، أن يكون في مقدوره التعامل

مع التنبؤات العلمية بالإحساس نفسه إزاء الشك العقلاني الذي يمكن أن يلوذ به عند معالجة تنبؤات أخرى غير يقينية من مثل تنبؤات علماء الاقتصاد وعلماء الأرصاد الجوية. إذ واقع الأمور أن الناس قادرون تماما على التعامل مع الشك عند اتخاذ قرارات عامة. وإن كانوا يفعلون ذلك دائما وأبدا في مجالات غير علمية. ولهذا لا أرى سببا يجعل الشخص العادي عاجزا عن تناول القضايا العلمية المعقدة بالأسلوب نفسه، وأن يضع في الاعتبار الرأي الخبير، ويحافظ في الوقت نفسه على قدر صحي معقول من الشك.

ولكن ما القضية التي لها الصدارة اليوم؟ أو بعبارة أخرى: ماذا عن الحاجة إلى اتخاذ قرار مباشر في مواجهة حالة عدم اليقين؟ أؤكد هنا أنه بمجرد أن يتوافر لدى الطلاب الإطار الأساسي الذي سميته المعارف الأولية العلمية سيكون يسيرا عليهم نسبيا فهم طبيعة عمل النموذج الحاسوبي. وأنه من السهل أيضا، نسبيا، أن نعلمهم الحكم على الثقة المرجعية النسبية لمختلف المشاركين في أي حوار علمي. أو لنقل بعبارة أخرى: إن وجود حالة من عدم اليقين قد تزيد من صعوبة اتخاذ قرار، ولكن يجب ألا تحول بيننا وبين اتخاذ أحكام تقريبية. وأرى أنه إذا توافرت للمواطن المتوسط هذه الخلفية الأساسية فإن الوقت يكون قد أزف لكي يلتزم العلماء بموقف عدم التدخل وليدعوا الناس يُعْمِلون عقولهم ويفكرون في استقلال. وهذا في الختام هو كل ما تعنيه الديموقراطية.

12

طريق الأفكار الكبرى إلى المعارف الأولية العلمية

«لا أحد منا يعرف من الآن ماذا ستكون موضوعات الحوار بعد عشرين عاما. ونحن على يقين من أن أحدا لم يكن بوسعه، منذ عشرين عاما، أن يتنبأ بالنقاشات الدائرة الآن عن الهندسة الوراثية أو عن الخلايا الجذعية. ولكن أيا كانت موضوعات الحوار التي ستجرى مستقبلا أستطيع أن أضمن أنها ستكون مرتبطة بالإطار العام للأفكار الكبرى»

المؤلف

قبل أن أسطر حرفا واحدا في هذا الكتاب بعدة أشهر كنت انتقلت أنا وزوجتي إلى بيت جديد في إحدى الضواحي الجديدة قرب جامعة جورج ماسون. وحيث إنني عملت في السابق عامل بناء، فقد استمتعت بالمشي حول المكان أرقب البيت وهو يعلو، وأثرثر مع البنائين، وأؤدي دور المشرف الذي يقف على الرصيف حتى يكتمل البناء. لكن ليس عليك أن تفهم أعمال البناء لكي تحسن تقييم أحد عناصر العملية: ليس مهما كيف أصبح البناء في نهاية المطاف جميلا يسر الناظرين، ومعقد التركيب. إذ إن كل مشروع يبدأ بوضع أساسات متينة. قد تكون جدرانا أسمنتية لطابق سفلي

محفور له تحـــت الأرض، أو دعامات من الحديد تُغرس لتكون قاعدة، أو مجرد بلاطة خرسانية، ولكن كل شيء من هذا لا بد من أن يكون موجودا أولا لكي نمضي ونكمل العمل.

إن المعـــارف الأولية العلمية أو المعلومات الأساســية عــن العلم، التي يحتاج إليها الناس لأداء دورهم كمواطنين، ولكي تتوافر لديهم القدرة على تقييم العالم من حولهم، لها في تعلم العلم الدور نفســه الذي للأساســات والدعامات الأســمنتية لبناء البيت، ولكي يعلو طبقات من حولي. ومن ثم يتعين أن تتوافر المعارف الأساسية عن العلم وتحتل مكانها الصحيح قبل أن يتحدث المرء عن مفاهيم أكثر تقدما، تماما مثلما يجب أن تكون أساســات البنـــاء في موضعها قبل أن نبني بقية البيـــت. وعندي أن من يدفعون بأن علينا أن نُعلِّم الطلاب المنهج العلمي أو أن نغرس لديهم عادة العقل العلمية إنما هم في الواقع يحاولون بناء البيت قبل إرساء الدعامات.

إن الناس عليهم أولا، قبل الشروع في التفكير نقديا بشأن أي موضوع مـــن موضوعـــات علم ما، أن يعرفوا شـــيئا عن هذا العلـــم. مثال ذلك، لا معنى لأن نحاول تعليـــم الطلاب التفكير النقدي في الاحترار الكوكبي إذا كانوا لا يعرفون أساســيات توازن الطاقة لكوكـــب الأرض. وفي النهاية لا يســتطيع المرء أن يفكر نقديا في «لا شـــيء»، إذ إن المفاهيم التي نتناولها بالتفكير يجب أن تكون ضمن ترســانتك الذهنية قبل الشروع في التفكير فيها. وتمثل هذه الفكرة المنطق الأساسي للمعارف الأولية الثقافية أو محو الأمية الثقافية، والتي ناقشناها تفصيلا في الفصل الأول.

وأريد في هذا الفصل أن أتحدث عن طريقة طبيعية لبناء هذا الأساس لجميع طلابنا، ثم ننتقل بعد ذلك إلى التفكير بشـــأن كيف ســيكون شكل البناء حين يكتمل في نطاق اهتمامنا بتعليم العلم.

طريق الأفكار الكبرى إلى المعارف الأولية العلمية

عندما أفكر في الاســم الذي أحب أن أطلقه علـــى النظرة العلمية إلى العالم أجد نفســـي في الغالب أســتخدم صورة شبكة العنكبوت كنظير لها. إذ توجد حول حواف الشـــبكة جميع ظواهر الكون الفيزيقي (شواطئ بحار

وكرات البيسبول ونجوم وعناكب وأشجار اليوسفي وأبراج... إلخ). ابدأ من أي نقطة من الشبكة وابدأ في أسئلتك. ما هذا الشيء؟ كيف يعمل؟ ما علاقته بما حوله؟ وعليك وأنت تستطرد في هذا أن تشق طريقك إلى داخل جسم الشبكة لتستكشف روابط غير متوقعة على طول الطريق. سوف تكتشف - على سبيل المثال - أن وميض البرق والقوة التي تسمح لمغناطيسات زخرفية بالاحتفاظ بأوراق الملاحظات مثبتة على الثلاجة جميعا مترابطة، وأن الاثنين مرتبطان بالكهرباء التي تسري داخل البيت والضوء الذي ينير لك المكان. وبعد أن تكون قد أكملت عمليا طريقك إلى منتصف الشبكة ستجد عددا قليلا من المبادئ العامة التي، إذا أخذتها معا، تفسر لك عمل الكون كله. لك أن تسميها المبادئ الكونية الأساسية، أو الأفكار الكبرى، أو سمها ما شئت، فإنها هي اللب والهيكل العام لأسلوب العلماء في النظر إلى العالم. إنها هي التي تعطي نظرتنا إلى الكون شكلها وصورتها.

إن هذه التراتبية الطبيعية الهرمية في تنظيم العلوم توحي لنا بنهج لتعليم العلم تأسيسا على الأفكار الكبرى. وسوف أضع فيما يلي قائمة صريحة بهذه الأفكار. وتؤلف هذه الأفكار معا بنية فوقية لصرح العلم. إنها الإطار العام الذي نثبت به كل شيء آخر، أي مثل الجدران والنوافذ التي نثبتها بدعامات الصلب في ناطحة سحاب. وإني على اقتناع كامل بأن أي شخص توافر لديه هذا الإطار - أعني بعبارة أخرى امتلك ناصية الأفكار الكبرى - سيكون مثقفا علميا إذا توافرت لديه المعارف العلمية الأولية.

وحيث إن بالإمكان تصور الأفكار الكبرى في صورة هيكل عام فكري، فإن هذا يعطي مرونة كبيرة في التفاصيل بشأن كيفية عرض الموضوعات التي هي خاصية مفيدة لأي مخطط تعليمي. وأجدني حين أريد توضيح هذه الفكرة أتحدث عن خبرة عشتها وقتما كنت عاكفا على الطبعة الأولى من كتاب «العلوم: نهج موحد» (انظر الفصل الثامن). وافق عدد من المعلمين في أنحاء مختلفة من البلاد على التدريس تأسيسا على المسودة الأولى، وعمدت أنا وشريكي في التأليف روبرت هازن إلى عمل جولة لزيارة قاعات الدرس التي يدرسون فيها. وهكذا وجدت نفسي داخل قاعة درس في جامعة دوربول في شيكاغو أستمع إلى لين ناراسيمان أستاذ الرياضيات يلقي درسا عن العلم الزائف على فريق يضم نحو 20 من معلمي المستقبل.

واقترحنا في الكتاب تجربة بسيطة (سبق عرضها في الفصل الأول) لاختبار التنجيم، إذ أعطينا الطلاب جدول الطالع الخاص باليوم السابق وطلبنا من كلٍ أن يختار الطالع الذي كان يمكن أن يكون المشورة الأفضل له في اليوم السابق عليه. ولاحظنا أن بالإمكان أن يقع أحد الطلاب من بين الاثني عشر طالبا على الإجابة «الصحيحة» بالمصادفة. ترك ناراسيمان الطلاب يجرون التمرين ويفرغون منه ويحصل على النتيجة المتوقعة، ثم حوَّل قاعة الدرس إلى تدريب مذهل – على مدى ساعة – عن مفهوم المصادفة، ودار النقاش الذي كان مقدمة دخل الطلاب من خلالها إلى الأفكار الأساسية لمعنى نظرية الاحتمال.

والفكرة الأساسية من هذا المثال أن الأغلبية العظمى منا لن يحدث لها مطلقا (وأنا بكل تأكيد) أن تستخدم التنجيم بهذه الطريقة. لكن ماذا لو تصورت أن هذا الاستخدام المميز للأفكار الكبرى لا يهم، ذلك لأن المنظومة تسمح لكل معلم بأن يستحضر خبرته الخاصة واهتماماته الخاصة بالموضوع المطروح. وهكذا يثبت كل معلم أفكاره الخاصة في الإطار العام الذي صاغته الأفكار الكبرى.

أخيرا، ثمة خاصية مهمة تشترك فيها الأفكار الكبرى مع آراء أخرى ترتبط بالمعارف الأولية الثقافية. لا أحد منا يعرف من الآن ماذا ستكون موضوعات الحوار بعد عشرين عاما، ونحن على يقين من أن أحدا لم يكن بوسعه منذ عشرين عاما أن يتنبأ بالنقاشات الدائرة الآن عن الهندسة الوراثية أو عن الخلايا الجذعية. ولكن أيا كانت موضوعات الحوار التي ستجرى مستقبلا أستطيع أن أضمن أنها ستكون مرتبطة بالإطار العام للأفكار الكبرى.

وسوف أورد قائمة بالأفكار الكبرى وأناقشها بالترتيب ضمانا للفاعلية من وجهة نظر تربوية.

الكون منتظم ويمكن التنبؤ بأحداثه

هذا المفهوم هو بمعنى ما شرط ضروري لممارسة العلم. إنك إذا ألقيت بالكتاب الذي بين يديك ليسقط مثلما يعلو إلى فوق، فإنك لن تستطيع أن تتكلم البتة عن تطبيق المنهج العلمي، ذلك أن المنهج رهن

فكرة أن التجارب أو الملاحظات المتكررة تعطي النتيجة نفسها. وهذا هو السبب في أننا نكتشف الانتظام في الطبيعة ونصوغ النظريات. وتعتبر قوانين الحركة عند نيوتن وكذا قانون الجاذبية الكونية مثالين رائعين لما يحدث عندما نسمح لهذه الفكرة العظيمة بأن تتجلى في عالم الواقع.

ودارت خلال السنوات الأخيرة بعض الحوارات كان من ثمرتها أن ميلاد نظرية الشواش أكد صواب هذه الفكرة العظمى تحديدا. وأعتقد أن سبب ظهور هذه الحجة أن الناس لا ينتبهون إلى المواضع الدقيقة الخاصة بطبيعة المنظومات الشواشية. وليسمح لي القارئ باستطراد قصير أوضح معه هذه النقطة.

تعتبر المنظومة شواشية إذا كان تحريكها من موقفين أولين منفصلين، لكن على صلة وثيقة من البداية، يؤدي إلى ناتجين نهائيين مختلفين اختلافا واسعا. مثال ذلك: شريحتان من الخشب موضوعتان جنبا إلى جنب فوق أعلى مجرى نهر جارف شديد الانحدار سوف تتباعدان كثيرا إحداهما عن الأخرى عند وصولهما إلى الجانب الأدنى للمجرى المائي. ومن ثم فإن التنبؤ بسلوك منظومة شواشية يستلزم توافر معلومات دقيقة - أن تكون أساسا دقيقة دقة لا نهائية - عن نقطة انطلاق المنظومة. ويستطيع المرء في الحقيقة - تأسيسا على هذه المعلومات - أن يحسب سلوكها المستقبلي بدقة. لكن سيكون هناك بوجه عام قدر من عدم اليقين في تلك المقاييس الأولية، وهذا بدوره يعني أن المرء لن يستطيع عمل مثل هذه الحسبة. أو بعبارة أخرى، على الرغم من أن بالإمكان - من حيث المبدأ - التنبؤ بالمنظومات الشواشية فإنه في الممارسة العملية ليس بالإمكان على الأرجح التنبؤ بها.

ولا يعني ظاهر المنظومات الشواشية استحالة أن نعرف أي شيء عنها. إن الغلاف الجوي المحيط بالأرض، كمثال، ربما يكون شواشيا، لكننا نستطيع استخدام النماذج الحاسوبية لاستنتاج تنبؤات جيدة إلى حد كبير عن حالة الطقس على المدى القريب.

طاقة المنظومة المغلقة محفوظة

الحرارة لا تسري تلقائيا من جسم بارد إلى جسم ساخن

هاتـــان العبارتان على التوالـــي نعرف أنهما القانـــون الأول والقانون الثانـــي للديناميكا الحرارية، وتصفان طبيعـــة وحركة الطاقة. مثال ذلك أن القانـــون الأول في صيغتـــه البديلة (الطاقة لا تفنى ولا تســـتحدث) يشـــكل الأســـاس للعلم الخاص بالاحترار الكوكبي. ويفيدنا بأن الطاقة التي تحتفظ بها غازات الدفيئة لا تتبدد. إنها تســـري إلى مكان ما، وهي في هـــذه الحالة احترار الكوكب. وتتعلق العبـــارة الثانية بواقع أن الكون (أو أي منظومـــة مغلقة وفق موضوعنا هنـــا) في مجموعه يزداد فوضى بمـــرور الزمن. ونجد تجليات غير متوقعة لهـــذا القانون يوميا. إنه يقول لنـــا كمثال: إننا إذ نحرق الفحم لتوليد الكهرباء فإن ثلثي الطاقة الكامنة فـــي الفحم يتعين بالضرورة إفراغهما والتخلص منهما في البيئة كحرارة مفقودة، أي عادم.

معادلات ماكسويل تحكم الكهرباء والمغناطيسية

تحمل هذه المعادلات اســـم عالم الفيزياء النظرية الأسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل (1831 - 1879)، إذ إنه أول من أثبتها. وتفيدنا، كمثال، بأن هناك نوعية من الشحنة الكهربية حيث الشحنات المتماثلة تتنافر بينما غيـــر المتماثلة تتجاذب. وتفيدنا أيضا بأن الشـــحنات الكهربائية المتحركة (أي التيار) تتولد عنها مجالات مغناطيســـية (المبدأ الأساســـي لتشـــغيل المحـــرك الكهربـــي) وأن تغيير المجالات المغناطيســـية تتولـــد عنه تيارات كهربية (مبدأ التشـــغيل الأساســـي للمولدات). علاوة على هذا اســـتخدم ماكسويل هذه المعادلات للتنبؤ بوجود موجات ابتداء من الموجات اللاسلكية والمايكرو ويفز، وصولا إلى أشـــعة إكس. والمعروف أن البحث هو الذي قاد إلـــى هذه المعـــادلات التي أنتجت المجتمع المعاصـــر المعتمد على الكهرباء. وكانت أيضا الخلفية الأساســـية للملاحظة التـــي تنبه لها فاراداي وأبلغها إلى رئيس الوزراء (إذ قال ســـوف تســـتطيع يوما جباية ضرائب مقابلها)، والتي أوردناها في الفصل السابع.

المادة مؤلفة من ذرات

تتعلــق هذه الفكرة الكبرى بالبنية الأساســية للمــادة في الكون. نعرف أن هنــاك تاريخــا طويلا للجهد والعمل منذ أيــام التأمل الإغريقي قديما، وصولا إلى النظرية الذرية الحديثة المؤسســة علــى المعلومات والتي قادتنا إلى هذه الرؤية النافذة المميزة. وهذه أيضا أولى الأفكار الكبرى التي لاتزال مفتوحة النهاية قابلة للإضافــة والتعديل. إذ منذ أن بدأ البحث على أيدي الفلاسفة الذريين الإغريق تواصل وامتد وصولا إلى الفيزياء النووية وفيزياء الجسيمات والكواركات وربما ننتقل مستقبلا إلى أمور أخرى مثل الأوتار.

وحري بنا أن نفكر على النحو التالي: في مطلع القرن التاسع عشر قدم عالم الكيميــاء البريطاني جون دالتون الفكرة الحديثة عن الذرة. وحرص دالتون على الاحتفاظ بمعنى الكلمة اليوناني (ما لا يمكن تقســيمه)، لهذا رأى أن الذرات غير قابلة للانقســام. وإذا تصورنا الذرات في رأي دالتون مثل كرات البولينغ فلن نبعد عن الواقع كثيرا. لكن مع مطلع القرن العشرين عرفنــا أن الذرات ذات بنية داخلية مركبة، إذ بداخلها إلكترونات تدور في مدارات حول نويات ثقيلة. واكتشــفنا بحلول منتصف القرن العشــرين أن المئات من مختلف أنواع الجســيمات قصيرة العمــر موجودة داخل النواة. وبعد ذلك بفترة قصيرة عرفنا أن ما كنا نسميها جسيمات أولية هي ذاتها مؤلفة من أشياء أكثر أولية، أشياء سميت كواركات. ويرى العلماء النظريون اليــوم أن الكواركات ذاتها يمكن أن تكون تجليات لجســيمات أصغر وأكثر تعقدا يسمونها الأوتار. ولايزال البحث ماضيا على قدم وساق لفهم البنية الأساســية للكون، وهذا هو ما أسماه عالم الفيزياء ستيفن واينبرغ «أحلام بنظرية نهائية» في كتاب له يحمل الاسم نفسه.

خصائص المواد رهن التطابق، والترتيب، وتلازم الذرات المكونة لها

بمجــرد أن يعــرف المرء أن كل الأشــياء المادية مصنوعــة من ذرات يمكنــه البدء في الحديــث عن تكوين العدد اللانهائي مــن المواد حولنا، ابتداء من أجســامنا وحتى الشــرائح الصغرى (المايكــرو)، ووصولا إلى المعادن و«البلاســتيكات» (اللدائن) في الســيارة. وعلينــا أن نفهم كيف

تتجمع الذرات معا، وتشــكل روابط في تفاعــلات كيميائية، لنفهم أنواع الخصائص – الميكانيكية والكهربية والمغناطيســية – التي تتميز بها المواد الناتجة عن ذلك.

وثمة جانــب مهم بوجه خاص لهذا الموضوع، ألا وهو ســلوك أشــباه الموصــلات، وهي المواد شــبه الســليكونية عمــاد الصناعــة الإلكترونية الحديثة. ويشير الاســـم إلى أنها ليست موصلات حقيقية (مثل النحاس) ولا هي مواد عازلة (مثل المطاط)، لكنها شــيء بين الشــيئين. ويتضح أن هذه الخاصية سمحت لنا بممارسة سيطرة كاملة على التيارات الكهربية. وأدت هذه الحقيقة إلى اســتحداث الترانزستور ثم أخيرا الحواسيب وكل الاقتصاد الرقمي الحديث القائم على المعلومات.

في عالم الكوانتم لا نستطيع قياس شيء دون تغييره

مــع ميكانيكا الكوانتــم ندخل عالما غريبــا تميزت به فيزيــاء القرن العشــرين. إذ لأول مــرة في التاريخ نلتقي ظواهــر لا تتطابق مع النموذج الإرشــادي المألــوف الذي قال به نيوتن. وهذا إذن المــكان الرائع للحديث عن التغيرات: كيف تحدث في العلوم كاملة النضج المســتقرة. ليس علينا، كمثال، أن ننحي جانبا ميكانيكا نيوتن لأنها لا تنطبق على ما يجري داخل الــذرة، بل علينا بدلا من ذلك أن نعترف بأننــا إذا طبقنا قوانين الكوانتم على كرات البيســبول وســفن الفضاء فإن القوانين الجديدة غير المألوفة تختزل إلى القوانين الجديدة المألوفة. معنى هذا أن القوانين كاملة النضج تنمو بالتراكم، شأن حلقات جذع الشجر، إذ تضيف أفكارا جديدة من دون إبدالهــا بالقديمــة. لم يعد العلم يتغير عن طريــق إحلال علم بآخر – أي الإبدال، وهذا درس مهم في الفلسفة.

بعد أن فرغنا من هذا أود أيضا أن أقول إن ميكانيكا الكوانتم والنسبية (انظــر ما يلي) وإن كانتا مذهلتين فكريــا، فإنهما مجالان يتعاملان مع ميادــن بحث بعيدة عن الخبرة اليوميــة، لذلك فإن الاحتمال الأكبر ألا يصادفهمــا الناس في حياتهم عند أداء دورهم كمواطنين. لهذا يجب أن نفكر في هذه الموضوعات باعتبارها مثالا للعلم من حيث هو ثقافة، مثل

مناقشـتنا في الفصـل الرابع. وحجتنا هنا أن هـذه المجالات ينبغي أن تكـون جزءا من الرصيد التقاني للمرء تمامـا مثل التاريخ الأوروبي في العصر الوسيط.

قوانين الطبيعة واحدة في جميع الأطر المرجعية

وتعرف هذه بمبدأ النسبية، وتمثل الأساس لنظريات آينشتين الشهيرة. وظواهر النسـبية مثيرة للدهشة: الساعات المتحركة في المكان تبطئ، ولا شيء يتحرك أسرع من سـرعة الضوء، $E=mc^2$ وكل ذلك. لكن النسبية، مثلها مثل ميكانيكا الكوانتم، تعالج أمورا بعيدة تماما عن الخبرة اليومية.

نواة الذرة تحتوي على طاقة كبيرة

النواة مؤلفة من جسيمات مصنوعة من كواركات...

تدخـل نواة الذرة نطاق المعارف الأولية العلمية من مجالات عديدة. إنها موجودة في الطاقة النووية (الانشـطار والالتحام على السـواء) والنشـاط الإشعاعي، واستخدام العناصر الاستشفافية للنشاط الإشعاعي radioactive tracers فـي الطـب. والتخلص من النفايات النوويـة، وهذا قليل من كثير. ويحتاج الناس لفهم مناقشة تدور عن هذه القضايا إلى معرفة أمور أساسية عن كيفية تجمع الذرات معا، وكيفية استخراج الطاقة الكامنة فيها. وبمجرد أن نفرغ من هذا المسـتوى نزولا إلى الجسيمات الأولية والكواركات والأوتار التي ناقشـناها فيما سـبق ندخل ثانية في نطاق يجد فيه الناس اهتماما كبيرا، لكن نطاق تطبيقاته الراهنة في العالم اليومي قليلة.

النجوم تحيا وتموت مثل كل شيء آخر

بـدأ الكون وهو في حالة حرارة وكثافة منذ نحو 14 مليار سـنة، وهو في توسع مطرد.

تدخل هذه الأفكار في ميادين بحث يسـميها علماء الفلك ديناميكا المجـرات والكوزمولوجيـا (مبحث نواميس الكـون)، وتبحث هذه على التوالي في مكان الشمس (ومن ثم الأرض) في الكون. وهذه الموضوعات،

مثلها مثل النسبية وميكانيكا الكوانتم، تحظى باهتمام قليل في الحياة اليومية، لكن يمكن تصورها على أنها موضوعات جوهرية للبنية الثقافية لكل شخص متعلم. ونحن نعيش في مجتمع نطالع فيه كما كبيرا من روايات الخيال العلمي (الجيد منها والرديء)، حيث ينفق المجتمع بشكل منتظم عشرات المليارات من الدولارات كل عام من أجل كشف واحد في الفضاء، لذلك نقول إنها تزودنا بقدر من الخلفية الأساسية من المعارف عند مناقشة الميزانية. كذلك، وفي الاتجاه نفسه، فإن مناقشة ما عن حياة وأعمار النجوم يمكن أن تدخل بنا إلى مجال المتجددات العظمى Supernovae (*) والثقوب السوداء (وهي موضوعات على قدر كبير من الأهمية).

سطح الأرض في تغير دائم

جاء ميلاد نظرية الصفائح التكتونية (صفائح أو ألواح عناصر القشرة الأرضية) وصورة عمل الأرض لدينا الآن في ستينيات القرن العشرين. وهذه النظرية من أفضل الأمثلة التي توضح لنا كيف أن المعلومات الجديدة قوة دافعة لتغير العلم. إذ إنه في خلال بضع سنوات تخلى كل المجتمع العلمي المعني بعلم الأرض عن الأفكار الثابتة القديمة وانتقل إلى الصورة الديناميـة الجديدة عن كوكب الأرض. ونجد في هذه الصورة أن سطح الأرض مؤلف من بلاطات أو ألواح بسمك ما بين 30 و50 ميلا، نسميها صفائح. وتتحرك هذه الصفائح في استجابة لسريان الحرارة (الغليان) في الباطن العميق. ونتيجة لذلك، فإن الصفيحة الممثلة لأمريكا الشمالية والممتدة من منتصف الأطلسي وحتى كاليفورنيا تتحرك مبتعدة عن أوروبا بمعدل عدة بوصات كل سنة. ولذلك فإن خصائص سطح الأرض في حالة تغير دائم، ولا يوجد شيء أبدي.

وبعد أن أكدنا أن لا دوام لأي شيء ابتداء من الجبال وحتى المحيطات (وهذا مفهوم مثير للدهشة لدى أغلبية الناس)، يمكن لنا أن نتّخذ من هذه المناقشة نقطة انطلاق إلى بقية أجرام المجموعة الشمسية (إذ لماذا

(*) نجم متفجر فائق التوهج تنطلق مع تفجره كمية كبيرة من الطاقة. [المترجم].

تكون الأرض مختلفة؟) والكواكب الموجودة خارجها (أي شيء آخر هناك؟). وهـــذان مثالان ممتازان للدلالة على ظاهرة تثبيت الأمور في نطاق الإطار العام الذي حددته الأفكار الكبرى.

وأذكر - كمسألة جانبية - أن فهم حقيقة أن الأرض في تغير مستمر يساعد الطلاب على تجنب اتجاه من أسوأ الاتجاهات التي أراها دائما عند مناقشـــة أمور البيئة. وأسمي هذا الاتجاه «زيف اللقطة أو الصورة الواحـــدة». وتقضي هذه الفكرة بـــأن كل مظهر من مظاهر الأرض كان على حاله دائما منذ أن أدركه الإنســـان الأول، وبأن أي تغير يمثل نوعا من الكارثة.

الأرض تعمل في دورات

أحب أن أتخيل الأرض في صورة ماكينة عملاقة لها جميع أنواع العجلات والطاقة التي تســـري داخلها. العجلات هي الدورات العظمى فوق ســـطح الأرض. ودورة الصخر، التي تعمل على مدى مئات الملايين من الســـنين مع خروج صخر منصهر جديد إلى الســـطح، تتعرض للعوامل الطبيعية لتنتج صخورا رسوبية، ثم تعود ثانية إلى ما تحت القشرة الأرضية. وتعمل الدورة الهيدروليكيـــة علـــى مدى عقود وقرون مع بخر المـــاء، وتتحول إلى كتل أو جبـــال جليدية أو تتفـــكك وتذوب لتفيض في تيـــارات المحيطات الكبرى. وتمثـــل العجلة الثالثـــة دورة الغلاف الجوي، وتعمل على مدى أســـابيع أو أشـــهر، وتتســـبب في التغيرات اليومية للطقس. وتعمل هذه الدورات معا فـــي تزامن، وتؤثر كل منها في أعمال الدورات الأخرى. وفي أثناء هذا كله تتواصل الطاقة الوافدة إلى الأرض في صورة ضوء الشمس لتزود بالطاقة المنظومات الحية وتتوزع في اتجاه القطبين من خط الاســـتواء، عن طريق كل من المحيطات والغلاف الجوي.

يصبح الطالب، بفضل هذه الخلفية، مهيأ للنظر في مشـــكلات البيئة - من مثل المطر الحمضي وثقب الأوزون - وهـي مشـــكلات تصادف الناس كثيرا في حياتهم وتتطلب حلا. هذا علاوة على مسائل أخرى مثل الاحترار الكوكبي الذي يدور بشأنه حوار ساخن.

الكيمياء عماد الحياة

سلوك الجزيئات في المنظومات الحية رهن شكلها

تمثــل العبارة الأولى واحدة من أعظم إنجازات العلم في القرن الـ 19. ونحن نفهم الآن أن الســبب الرئيســي في اختلاف البشر عن غيرهم من الكائنات العضوية الحية هو أن خلايانا تجري ردود أفعال كيميائية مغايرة عن ردود أفعال الكائنات الأخرى. وتركز البيولوجيا الحديثة جهودها على دراســة الحياة على المســتوى الجزيئي. وهذه حقيقة ربما تجعل الموضوع صعبــا على طلاب كثيرين. لذلــك وجدت من المفيــد أن أقدم التصنيف الليني‍انــي (*) المعياري للحياة على الأرض قبل أن تســتغرقنا الميكانيزمات الجزيئية التي تجعلها تعمل.

ولا نكاد نكون عند المســتوى الجزيئي حتى نرى أن الفكرة الأساســية المفتــاح هــي أن الذرات، وليســت الجزيئــات، هي التي تشــكل الروابط الكيميائيــة. وتقودنا هذه الحقيقة طبيعيا إلى فكرة أن الجزيئات يتعين أن تتشــكل، ومن ثم فإن الذرات ذات الصلة يمكن أن يقترب بعضها من بعض بفعل التفاعلات الجزيئية المختلفة. وهذا لا يمثل مفهوما صعبا على إدراك الطلاب، خصوصا إذا طلبنا منهم أن يفكروا في المواقع النشطة وتصورها فــي صورة مناظرة لنســيج التثبيت فيلكرو (**). وبعــد أن نفرغ من هذه الفكرة يمكن عرض فكرة أن الأنزيمات تسهل التفاعلات، وأن هذه بدورها تفضــي إلى فكرة أن البروتينات هي التي تعمل كقوى العمل الكيميائية في المنظومات الحية.

كيمياء الحياة مسجلة في شفرة داخل الدنا DNA

ســمع جميع الطلاب عــن الدنا DNA، لكن دخولهــم إلى موضوع البناء اللولبي المزدوج المعروف ســيعرضهم لمشــكلات قليلة. إن عمليتي النســخ replication (إنتــاج نســخ مطابقة) والانتســاخ الجيني gene

(*) نســبة إلى كارلــوس لينيان (1778 - 1807) الســويد، ويرجع إليــه التصنيف البيولوجي الحديث الذي قسم الأنواع وفق السمات الفيزيقية المشتركة [المترجم].

(**) Velcro: اسم علامة تجارية لنسيج للتثبيت من طبقتين، وحين نضغط قطعتين من النسيج معا تلتصقان معا بقوة [المترجم].

transcription (النقل من صفائح الشـفرة الوراثية) توضحان فكرة أن شـكل الجزيئات (القواعد في هذه الحالة) هو الذي يحدد كيف تجري هذه العمليات.

ووجـدت أن من الأفضل أن أسـتهل بفكرة بسـيطة، وهـي أن جينة واحدة - جزءا من الدنا - تحمل الشفرة لإنتاج بروتين واحد، يسبب بدوره رد فعل واحدا داخل الخلية. وبمجرد اسـتيعاب هذه الفكرة يكون يسـيرا نسـبيا أن نضيـف كل ما يجعل الخلايا المعقدة مثـل خلايانا مختلفة عن خلايا البكتريا البسـيطة. وهنا أيضا المكان المناسـب للحديث عن وجود ميكانيزمات داخل الخلية، من شـأنها أن تنشـط أو توقف الجينات، وأن عملية نمو الكائن العضوي الحي تشتمل على خلايا توقف فعل الجينات في اتجاه التخصص. مثال ذلك أن كل خلية في جسـدك بها جينة للأنسولين، ولكن يوقف نشاطها في جميع الخلايا باستثناء عدد قليل في البنكرياس. ويزودنا هـذا المفهوم بدوره بمدخل جيد إلى القضايا السـاخنة الخاصة بالخلايا الجذعية والاستنساخ cloning.

تشترك جميع الكائنات الحية في شفرة جينية واحدة

هـذه واحدة من أقوى الحجج المؤكدة للتطور. لكنها - علاوة على هذا - تمثل حقيقة بسـيطة وتزودنا بقاعدة علمية تفيد في الهندسة الوراثية. وأعتقـد أن هذه العبارة تعبر أيضا عن حقيقة مهمة عن المنظومات الحية الموجودة على سطح كوكبنا. إذ إنها تشتمل على المعلومات التي توضح كيف أصبحت على ما هي عليه، وإلى أين ستؤول حالها مستقبلا.

إن مـا أذهلني عند اسـتماعي للحـوارات الدائرة عـن البيئة هو قلة الاهتمام بالفكرة القائلة: إنه وبسبب النشاط البشري ربما يختلف التكوين الجيني للنباتات والحيوانات في المستقبل القريب. وسيكون اختلافا كبيرا عمـا هو الآن. مثال ذلـك أن علماء البيولوجيا يتحدثون عن اسـتجابات النباتات إزاء ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ويقولون إن هـذا أدى إلى أن بعض النباتات قللت مـن امتصاصها للكربون عندما توافرت منه كميات كبيرة، وجوهر الأمر أنها أصبحت «كسولة». قد يصدق

هذا على النباتات التي تطورت طبيعيا، لكن من السـهل أن نتخيل أشجارا مهندسة لا تنشط فيها جينة أو جينات «الكسل». وإن مثل هذا التطور قد يكون اتجاها عكسيا للممارسات الزراعية التقليدية التي تم فيها استزراع النباتات لتكون ذات فاعلية نشطة تستخدم قليلا من الكربون قدر الإمكان. لكن مثل هذه النباتات الجائعة للكربون يمكن بسـهولة اسـتزراعها لتكون وسـيلة لسحب ثاني أكسـيد الكربون من الهواء. هذه الإمكانية ما هي إلا مثال واحد لنوع تأثير الهندسة الوراثية في مستقبلنا.

ولنتأمل هذه الطريقة. منذ عشـرة آلاف سـنة، قرر أسـلافنا ألا يقنعـوا بما تجود بـه الطبيعة بحرية كطعام لهم. ومن ثم شـرعوا في ممارسـة الزراعة ليحرروا أنفسـهم من مشـقة القنص وجمع الثمار. ونحن اليوم، وبطريقة مماثلة، نقترب من النقطة التي لن نقنع فيها بما تجود به الطبيعة علينـا بالمادة الوراثية، إذ أصبح في مقدورنا تعديلها لكي تناسب احتياجاتنا.

وطبيعي أن هذا الأسـلوب فـي التفكير يثير قضايـا أخلاقية ودينية وشـرعية هائلة، مـا يجعله موضوعـا مثاليا لكي ننتقل فـي اتجاه ختام المعارف الأولية العلمية.

الحياة تطورت عن طريق الانتخاب الطبيعي

هـذه واحدة من الأفكار التي تؤلف فرعا كاملا للعلم وتجمع في وحدة واحـدة مفاهيم متباينة. ومـن الأهمية بمكان أن نفهـم أن هناك واقعيا خطوتين في العملية التطورية، وأن النظرية الداروينية الكلاسـيكية تعالج واحدة منهما فقط.

الخطوتان همـا: (1) التطور الكيميائي (حيث المواد غير العضوية في الزمـن الأول لـلأرض أدت إلى ظهور الخلية الحيـة الأولى)؛ (2) التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي (حيث أنتجت هذه الخلية وسلالاتها ملايين الأنـواع التي نراهـا حولنا). إن آخر هذين المجالين هما موضوع دراسـة مجـال علمي كامل النضـج، وله نظرياته التي تدعمهـا معلومات ضخمة من الحفريات ومن غيرهـا. لكن الأول لايزال مجالا جديدا حظي بتمويل

جاد للبحث العلمي خلال العقد الأخير فقط، أو حول ذلك التاريخ تقريبا. وأعتقد أيضا أنه واحد من أكثر ميادين البحث أهمية وإلحاحا الآن قياسا إلى جميع أفرع العلوم.

دارت سجالات كثيرة بسبب نظرية التطور. فنجد على سبيل المثال الصراع الواضح في صورة معارك قانونية تقليدية امتد إلى مقررات التدريس في المدارس. ونرى أيضا على المستوى العلماني كيف أن العلماء شرعوا في تفسير السلوك البشري الحديث في ضوء ماضينا التطوري. وأدى هذا إلى ظهور مجالات بحث جديدة من مثل علم النفس التطوري، بل والاستشارات الخاصة بالزواج من منظور تطوري. وأرى أن بعضا من هذه الصيغ ذات الشعبية المعبرة عن هذا الاتجاه إنما تمثل نوعا من ممارسة بناء قصص على طريقة «مجاراة التيار». بيد أنني أعتقد أنها في جوهرها تقودنا إلى رؤية جديدة لمعنى أن يكون المرء إنسانا.

الأفضل عدو الجيد

أود أن أؤكد أن من اكتسبوا معرفة بهذه الأفكار الكبرى قد تزودوا بالفعل، وعلى نحو محدد، بنوع الأساس التعليمي الذي ناقشته في مستهل هذا الفصل، ومن نعتبرهم، وفق التعريف المحدد، مثقفين علميا، أي توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية. ويملك هؤلاء بذلك الإطار الفكري الذي يسمح لهم بفهم العلم الأساسي الذي يشكل قاعدة لأي قضايا مثارة. لكن ليس معنى هذا أن ستكون لديهم القدرة على التفكير في هذه القضايا بالأسلوب النقدي والكمي نفسه الذي يفكر به العالم. وطبيعي أن يثير هذا سؤالا مهما: هل الأساس الذي وصفته بحالته هذه كافٍ حقيقة؟

يثار هذا السؤال على نحو شبه دائم عادة عندما يكون موضوع إصلاح المقرر التعليمي مطروحا للمناقشة على طاولة البحث، ويجري الحوار عادة في سياق المناهج مقابل المحتوى، والذي عرضنا معالمه في الفصل العاشر. ويبدو، كما هو واضح من النقاش، أن هناك انحيازا قويا خصوصا بين العلماء الأكاديميين، أن المهم حقيقة هو العلم في صورته الأكثر تقدما، وأن عرض أي شيء آخر، مهما كان قدره، هو أشبه بتقديمنا تعليما مخففا أو مائعا للطلاب. وشخصت هذا الموقف بصورة ساخرة متعمدة وقلت:

«هذه مدرســة فكرية تؤمن بأنه يتعين على كل امرئ أن يحصل على درجة الدكتوراه في كل شيء». والآن وقد عرضت لما أظنه الأساس السليم لتعليم العلم، أود العودة إلى هذه المسألة لحظة سريعة.

إن الهــدف من تحويل كل مواطن إلى نســخة مصغرة لعالم ليس في ظني أمــرا غير عملي تماما فقط، بل عديم الجــدوى أيضا ولا معنى له. وكما قلت في الفصل الثالث إن أحد «الأســرار» الصغيرة البغيضة في المجتمع العلمي أن العلماء المشتغلين بالبحث العلمي غالبا ما يكونون هم أنفسهم أميين في مجالات علمية خارج نطاق تخصصهم المميز. لذلك فإن تدريب شخص ما على التفكير، مثل عالم فيزيائي، لا يفيد كثيرا حين يكون هذا الشخص مضطرا إلى معالجة قضية تتضمن البيولوجيا الجزيئية. ونقول هنا إنه في حدود ما يلزم للمشاركة في الحياة العامة فإن اتساع نطاق المعرفة ينتصر على العمق وحده.

عــلاوة على هــذا، وكما أوضحت فــي الفصل الأخير، فــإن طبيعة العلم ذاته في تغير مســتمر، وقضايا المســتقبل سوف تشــتمل غالبا على أنواع من الممارسات الحاسوبية الكثيفة التي حددنا طرفا منها عند حديثنا عن الاحترار الكوكبي. إن عددا قليلا فقط من الأخصائيين هم من ســتتوافر لديهم القدرة على الغوص في كل اتجاه داخل شــفرات الحاســوب وعلــى تحديد أمور مثل الدقــة والصواب. معنى هذا أن البقية منا - ويتضمــن هذا أغلبية العلماء - ســيكون لهم دور مختلف جدا عن الدور الــذي تصوره من يتوقعون من الناس أن يصوغوا آراءهم بشــأن القضايــا العلمية. وأعتقد أن الفكــرة القائلة بأن مــن الضــروري أن تكون لديهم القدرة على عمل ذلــك إنما هي امتداد لفكرة جون ديوي عن عادة العقل العلمية التي نوقشــت في الفصل الثامن، وهي غير ملائمة تماما للقرن الواحد والعشرين.

دور المعامل والاكتشافات

إن أحــد مظاهر محاولة تحويل الطلاب إلــى علماء تمثلها الفكرة القائلة بأن على الطلاب، بمعنى من المعاني، أن يحاكوا عملية الاكتشاف العلمــي خلال تجربتهم التعليمية. وتســود هنا عناوين من مثل التعليم على أســاس الاكتشــاف، أو التعليم القائم على البحث والاســتعلام. وتعتمد هذه الفلســفة بكل ثقلها على المعمــل والعمل الميداني لإعداد الطلاب للعلم.

وليســـمح لي القارئ قبل أن أســـتطرد بأن أقدم تعليقين: الأول، أدرك جيدا أن التعليم، شأنه شـــأن أي مجال آخر، يخضع للبدع والمستحدثات. إنني، وأنا طالب جامعي قبل التخرج، حسبت العمر النصفي للمستحدثات في مجالي الخاص بفيزياء الجســيمات ووجدت أنه نحو ســنتين. إن من طبيعة المســتحدثات أن تتولد عنها قوة ضاغطة ولكن مع مستويات عابرة مـــن الحماس، ونادرا ما ينبنـــي هذا الحماس على قاعـــدة من المعلومات الســـليمة. وأعتقد أن بمقـــدوري أن أتبنى عناصر معينة مـــن النزوع إلى المســـتحدثات أو البدع تتجلى في حالة الإثارة الراهنة بشأن التعلم القائم على البحث والاستطلاع.

ثانيا، إنني مطمئن تماما للفكرة التي تفيد بأن هذا الطراز من التعليم جيد ومثمر ويتجاوب مع اهتمامات وفضول شـــباب الطلاب في فترة من أعمارهم. وأشـــك، على ســـبيل المثال، في أن هذا أسلوب جيد جدا لجعل طلاب المـــدارس الابتدائية والوســـطى مهتمين بالعلم. لكن في المســـتوى الجامعـــي، الذي قضيت فيه أطول فترة من عمري، ســـيكون على الأرجح أشـــبه بعبارة لاإرادية أو مســـلم بها من مثل قولنا «يجب على كل طالب أن يدرس فصلين دراســـيين في علم معملي»، أينما نوقشـــت شروط الالتحاق في الميدان العلمي.

وإذا كان هـــدف التعليم الجامعي هو تخريج طلاب مثقفين علميا، فإنني أؤكد أن تجربة المعمل هي - واقعيا - شـــيء مـــن الكماليات غير الضرورية وردَّة إلى عصر أسبق وأبسط. ويبدو لي أن الثقافة العلمية أو المعارف الأولية العلمية يمكن بســـهولة شديدة تعلمها في صيغة قاعات المحاضرات من دون حاجة إلى الاستعانة بالمعامل على الإطلاق. بل أكاد أمضي إلى أبعد من ذلك، وأؤكـــد أن قاعات الدرس المعملية على مســـتوى الجامعـــة لم تفد كثيرا غير المشـــتغلين بالعلم، بل ربما أضرت. وأتمنى أن أجد من يثبت خطأ رأيي هذا. بيد أنني حينما أحفز الناس على تبرير شـــرط المعمل التقليدي في دراســـة العلم فإن الإجابة المشـــتركة غالبا ما تكون على غـــرار «هكذا فعلنا» (إجابة أخرى شائعة تثير قدرا من الإحباط ولكن ربما تكون أكثر صدقا، وهي أن كل أقسام المعامل تلك تنتج طلابا خريجين بحاجة ماسة إلى دعم).

وأحسـب أن شـكي في موضوع المعامل بدأ وقتما كنت لا أزال شابا أعمل أستاذا مساعدا بجامعة فرجينيا. كنت أدرس مقررات دراسية للخريجين آنذاك، ولذلك لم يكن الطلاب ممن هم قبل سـني التخرج يرونني. واعتدت بين الحين والآخر أن أذهب إلى قاعات المعامل حيث يظن الطلاب، إذا ما وقعت أبصارهم علي، أنني من المسؤولين عن الصيانة (إذ إنني لم أكن أرتدي معطفا ورابطة عنق في أثناء العمل شـأن كثيرين من الفيزيائيين). إن ما وصل إلى سمعي عن غير قصد خلال هذه الزيارات المفاجئة أثار قلقا عميقا في نفسي. ذلك لأنني وجدت ثلث الطلاب بالتمام والكمال يسيرون في اتجاه عكسي في عملهم من الإجابات «الصحيحة» إلى المدخلات ليسـجلوها في سجلات بياناتهم. معنى هذا أن ما كان يتعلمه هؤلاء الطلاب ليس هو المنهج العلمي، بل أكاد أقول «هو ضد العلم». ويذهب بي الظن إلى أن استجابتهم كانت استجابة رشيدة إزاء موقف يعرفون فيه أنهم سيحصلون على درجات التقدير على أساس هل النتائج تضاهي الإجابات «الصحيحة». ومع هذا أظن أن قدرا كبيرا من الشك يساورهم الآن، وقد أصبحوا كبارا، في كل ما يسمعونه من المجتمع العلمي. وهذا ليس حصادا طيبا.

وأدرك تمامـا أن من الممكن جـدا ألا تكون جميـع معامل الجامعات علـى هذا النحو في عملها (هذا على الرغم من أنني أتحدى كبار أعضاء هيئات التدريس، وعلى الأقل من لا يشـعرون بالصدمة أن يفعلوا ما فعلته أنـا في مؤسسـاتهم). بيد أننـي أؤمن – على الرغم مـن ذلك – بأن ثمة عوامل خاصة بهيكل الجامعات مناهضة للمعامل – حتى تلك المعامل جيدة التصميم – التي تمثل إسهاما قيما لمصلحة الثقافة العلمية.

السبب الأول الذي يدعم هذا الرأي يتضمن مشكلة لوجستية خالصة، مشـكلة إمدادات وتموين تتمثل في نقل مئات الطلاب إلى أقسام المعامل كل أسبوع. وهناك طريقتان لعمل ذلك: (1) أن تكون لدينا تجارب بسيطة زهيـدة، أو (2) أن تعمل محاكاة حاسـوبية للتجـارب. وأعتقد أن أيا من الخيارين ليس مفيدا كثيرا.

كذلك فإن شرط الاحتفاظ بمعدات المعمل في حالة عمل طوال الدورة الدراسية من شأنه أن يفرض قيودا قاسية على أنواع التجارب التي يمكن إجراؤهـا. إذ القاعدة العامة أنه كلما كانـت التجارب أكثر تعقدا وواقعية

أصبح من المرجح جدا أن تتعطل المعدات وتثير حالة من الإحباط لدى كل من الطلاب والمعلمين. إن السبيل الوحيد للالتفاف على هذا الوضع، من دون تحمل تكاليف وظيفية ثقيلة أن نستخدم التجارب التي تحتاج إلى تجهيزات بسيطة لبراهين سهلة. وهذا يعني بدوره أن تكون التجارب على شاكلة «دحرجة الكرة فوق سطح مائل». وسبق أن أكدت في فصل سابق أن هذا النوع من التجربة التعليمية لن يفيد شيئا في إعداد الطلاب لمعالجة مسائل عامة معقدة سيواجهونها في المستقبل.

والخيار الثاني - وهو إجراء التجارب على طريقة المحاكاة الحاسوبية - غير كاف أيضا على الأقل في صوره التي شاهدتها وعملت عليها. مثال ذلك أنه بدلا من تشريح الضفدع ينظر الطلاب إلى شاشة حاسوب. كذلك عليهم مراقبة كرة فوق شاشة وقراءة الأرقام المعروضة بدلا من أن يتصدوا هم لتحديد أوقات هبوط كرة ساقطة من أعلى.

وميزة هذه المحاكاة أنها لا تستلزم تجهيزات معقدة. لكن علينا أن نفكر ولو لحظة فيما يتعلمه الطالب. إنهم لا يتعلمون أن عالم الواقع موجود هناك في الخارج لكي يقيسوه ويلاحظوه، بل يظهر العالم بدلا من ذلك بطريقة سحرية على الشاشة، كأن الأمر أشبه بلعبة فيديو (فاترة). وخط الأساس هنا أن على الطالب أن يصدق ما يقوله الحاسوب. وأنا لا أستطيع أن أتخيل نوعا من المعارف الأساسية أسوأ من ذلك نعطيها للطلاب الذين سيضطرون مستقبلا إلى التعامل مع قضايا من مثل الحكم على مصداقية نماذج الحاسوب.

والخلاصة عندي هي أن المعامل البسيطة، بما في ذلك عمليات المحاكاة الحاسوبية، لا تعد الطلاب للعالم الذي سيواجهونه بعد ترك المدرسة. ومن ثم فإن المعامل الأكثر واقعية، وبالتالي الأكثر تعقيدا، لن تفيد على الأرجح في سياق المقررات الدراسية التمهيدية الكبرى للعلم. وأود أن أؤكد ختاما أن الوقت والمال اللذين نضيعهما من أجل تجهيز معامل غير ذات أهمية سيكون من الأفضل لنا أن ننفقهما لاكتشاف سبل أخرى لزيادة الثقافة العلمية لدى الطلاب، مثال ذلك عن طريق تدريب هيئات التدريس على تدريس مقررات متكاملة للثقافة العلمية ومعرفة الأوليات الأساسية للعلم.

الخطوة التالية

سبق أن ناقشت في الفصل السادس بيانات جون ميللر. ونحن في ضوء هذه البيانات نحرز تقدما من حيث إعطاء الطلاب الأساس القاعدي للمعارف الأولية العلمية التي سيحتاجون إليها لتأدية دورهم بصفتهم مواطنين. ونجد اليوم قرابة 28 في المائة من الأمريكيين اكتسبوا المعايير (الأساسية) للمعارف الأولية العلمية.

وهذه إحصائية مشجعة وتستحثنا على التحدي. إنها مشجعة لأن أعدادا متزايدة باطراد من الأمريكيين يكتسبون الحد الأدنى من أساسيات المعرفة بالعلم. وتستحثنا للتحدي، لأن هذا يعني أنه لايزال هناك عدد كبير من السكان مهيأ لاتخاذ الخطوة التالية، ولكي يتجاوز المعارف الأولية العلمية البسيطة، أي عمليا للشروع في بناء البنية الفوقية للبيت فوق الأساس الذي وُضعت قواعده. وهذا بدوره يقودنا إلى سؤال مثير للفضول: ماذا عساها أن تكون تلك الخطوة الثانية؟

قبل أن أتحول إلى هذا السؤال يتعين تأكيد أن حقيقة أن نحو ربع الأمريكيين يمكن وصفهم بأنهم مثقفون علميا إذ توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية، بل تعني أن ثلاثة أرباعهم لم يحققوا ذلك حتى الآن. ونحن لا يمكن أن ننسى ضرورة أن يظل تأكيدنا الرئيسي بشأن إصلاح التعليم منصبا في الأساس على المعارف الأساسية العلمية. وهذه نقطة مهمة لأن هناك دائمة غواية قوية تغوي المعلمين لتركيز انتباههم على أفضل طلابهم، وهم في هذه الحالة من تهيأوا للخطوة الثانية، ويغفلون أنهم خلفوا وراءهم الأغلبية العظمى منهم. ومن ثم تتعين مقاومة هذه الغواية.

ويجب علينا أيضا أن نمسك بزمام حماستنا ونحن نعالج هذه المسألة. مثال ذلك أن معرفة المرء للفارق بين الذرة والجزيء لا تعني أنه مهيأ لقراءة «العلم» أو «الطبيعة» (أو للسبب نفسه أن يقرأ مجلة ساينتفيك أمريكان). أو لنقل بعبارة أخرى: إن الالتزام بمعايير جون ميللر بشأن المعارف العلمية الأولية ليس من شأنه أن يحول الشخص تلقائيا إلى مرشح لشغل منصب في مجال العلم ولا حتى إلى شخص توافرت لديه عادة العقل العلمية. ويجب علينا أن نقر بالحقيقة التالية، وهي أننا لا نستطيع أن نحول كل إنسان عالما، وأن أي محاولة لذلك مآلها الإخفاق يقينا.

لذلك نسأل: ما الهدف الواقعي للخطوة الثانية؟ ربما نستطيع أن نقدم إلماعة لما يمكن أن يكون عن طريق التفكير في فريقين اعتادا معالجة قضايا معقدة في مجال العلم: العلماء أنفسهم وأعضاء المهن القانونية. وكما أوضحت في الفصل الثالث إن تدريب المشتغلين بالعلم ليس فيه أي شيء يعدهم لمعالجة قضايا خارج مجال تخصصهم. إذن كيف يتسنى لهم تكوين آراء لهم عن قضايا خارج نطاق خبرتهم؟

عندما ناقشت هذه المسألة مع جون ميللر كان له تعليق مهم. إذ قال: «أنت أو أنا حين نريد أن نعرف شيئا عن مسألة ما نرجع إلى قائمة الشخصيات المرجعية لكي نتحدث ونسأل شخصا ما متخصصا في المجال. ولكن المشكلة أن الشخص المتوسط ليست لديه مثل هذه القوائم المرجعية» (*). وأنا أسمي هذه نظرية رولودوكس الذهبية لاكتساب المعلومات.

وبعد حديثي هذا مع ميللر شرعت في عمل استطلاع غير رسمي بين زملائي حيثما ذهبت في مختلف أنحاء البلاد. حاولت أن أسألهم كيف اتخذوا قراراتهم بشأن قضايا خارج مجالات تخصصهم. وتماما مثلما تنبأ ميللر تضمنت إجاباتهم كلها تقريبا الإشارة إلى «غولدن رولودكس»، أي قائمة الأسماء المرجعية. وأذكر أمثلة من إجاباتهم إذ جاءت على النحو التالي: «أهاتف صديقا في التخصص المطلوب»، و«ألتزم بتوافق الآراء»، و«أهاتف شخصا (يقصد من أنصار الفكرة موضوع السجال) من الجامعة أستطلع رأيه... وهكذا إلى آخره». ويمكن الرجوع إلى قائمة الأسماء المرجعية (غولدن رولودكس) في حالات النزاع بين الخبراء للوصول إلى حكم بشأن موضوع الخلاف وبيان أيها أرجح صوابا وأيها ينبغي إغفاله.

وأكاد أرى قائمة الأسماء المرجعية (الغولدن رولودكس) تعمل نشطة في حياتي. إذ عندما تعرض لي مسألة تتعلق بمشكلة ما (وليكن الاحترار الكوكبي، فهو مثال جيد) فلا أحاول الجلوس إلى الحاسوب وأسجل شفرة حاسوبية لعمل نموذج محاكاة لمستقبل مناخ الأرض. ليس عندي لا الوقت ولا الخبرة لعمل شيء كهذا، بل بدلا من ذلك أهاتف أصدقائي في الجامعات

(*) القائمة المرجعية Golden Rolodex: تضم أسماء الشخصيات المرجعية في قضايا كثيرة، وقد حلت محلها الآن شبكات الإنترنت وغوغل وغيرهما. [المترجم].

المختلفة داخل البلد. وأستمر في هذا النقاش الشخصي مع الخبراء إحساسا وفهما لما هو معروف عن المســألة التي أبحث فيها، أو أعرف نقاط الخلاف وكيف يمكن حســمها. ويبدو لي أن عملية الاســتطلاع غير الرســمية التي قمت بها تشــير إلى أن الأغلبية العظمى من العلماء الآخرين يكونون آراءهم بالأسلوب نفسه عن طريق المناقشة مع الزملاء ممن هم على دراية أكثر في مجال بعينه وخاص بالمســألة موضوع البحث. وأعتقد في النهاية أن أغلبنا يأخذ قراره تأسيسا على ما يقوله أصدقاؤنا ممن نثق بهم كثيرا.

وهذا ليس بالأســلوب السيئ. وواقع الأمر أن القوانين تعمل على هذا النحو فــي الغالب الأعم حتى إن كانت تعمل وفقــا لمجموعة من القوانين يغلب عليها الطابع الشكلي. إذ كثيرا ما يحدث أن تتوقف خلافات قانونية، ولو في جزء منها، على مسائل علمية: هل هذه المادة الكيميائية تسبب ذلك المرض المزعوم؟ هل هذا المنتج معيب؟ ويوجد بوضوح في مثل هذه الحالات إجراء محدد بالشروع لمعرفة رأي ومعلومات الخبراء أمام المحكمة. ويعمد المحامون المســؤولون عن القضية إلى اســتدعاء شهود يمكنهم - بحكم ما لديهم من علم أو تدريب - الإدلاء بالرأي باعتبارهم ذوي أهلية، أي خبراء. وبعد أن يتم هذا كله توجد ســوابق مستقرة يعتمد عليها القاضي لفحص الشــهادة ويقرر بعدها تقديم القضية إلــى المحلفين أو لا. وغالبا ما يأتي هــذا الحكم نتيجة لإجراءات دعوى قانونية معقدة. وبعد الانتهاء من هذا الفحص والتدقيق يجري عرض شهادة الخبير على المحلفين.

وسبق وضع هذه المعايير التي استندت إليها هذه الأحكام للمحاكم الفدرالية لأول مــرة في العــام 1993 في قضية روبرت ضد ميريل داو للمســتحضرات الصيدلانيــة. وكتب القاضي بلاكمــوم إلى المحكمة العليا مقــررا أنه من الآن فصاعدا ســتكون مسؤولية القاضي هي الاطمئنان إلى أن الشهادة المقدمة إلى المحكمة «ليست فقط وثيقة الصلة، بل موثوق بها»[(1)]. وحدد بعد ذلك سلسلة من المعايير بشأن إصدار مثل هذا الحكم. هل استعرض العمل المعروض في الشهادة ورُجــع؟ هل هو مقبول بعامة في المجتمع العلمي؟ هــل يمكن اختبار الدعاوي؟ ويبدو واضحا هنا أن هذه المعايير (علاوة على أخرى تتناول مســائل فنية أكثر) تكاد تضاهي تماما ما يفكر فيه العلماء عند تقييم نظرية أو فكرة جديدة.

ومن الأهمية بمكان أن ندرك أن هذا هو الشائع بالنسبة إلى شهادة الخبراء من الطرفين في محاكمة لتمرير هذه الاختبارات وعرضها على هيئة المحلفين. والشيء المرجح جدا في هذه القضية هو أن هيئة المحلفين سوف تستمع لخبراء ذوي أهلية يدلون بشهاداتهم إزاء «حقائق» معارضة تماما. وهكذا يكون على هيئة المحلفين أن تقرر أي خبير تصدقه. وغالبا ما تتضمن هذه الإجراءات معايير غير علمية من مثل تحديد أي الشهادات تبدو أكثر قابلية للتصديق. أو بعبارة أخرى أن هيئة المحلفين تكون في الوضع نفسه للمواطن المتوسط حين يقرأ عن دعاوى النزاع العلمية في الصحف. ونكون إزاء ما يبدو أنهم خبراء على قدر متساو من الأهلية يناقضون بعضهم بعضا، ومن ثم يكون الأمر مناطا بالقارئ غير الخبير أن يقرر أيهم يصدق شهادته.

وهنا بعض النتائج العامة التي يمكن أن نستخلصها بشأن أسلوب المجتمعات العلمية والقضائية في تناول القضايا ذات المصداقية العلمية:

1 - الخبراء من أبناء مجال واحد يحتاجون عادة إلى الاعتماد على خبراء في مجالات أخرى.

2 - جميع الخبراء ليسوا بطبيعتهم سواء، وفي حالات النزاع بين الخبراء فإن واحدا منهم على الأقل خطأ.

3 - عملية تقرير أي من الخبراء أصدقه أنا ربما لا تكون عملية عقلانية تماما.

ويبدو لي أن الهدف الصحيح من الخطوة الثانية في مجال التعليم العام للعلم ينبغي ألا يكون تحويل جميع المواطنين إلى نسخ مصغرة من العلماء ذوي القدرة على تحليل البيانات وتكوين آراء خاصة بشأن القضايا المهمة. ذلك لأن مثل هذا الهدف يتجاوز في الحقيقة نطاق قدرة العلماء أنفسهم. بل بدلا من ذلك ينبغي أن يكون الهدف: (1) توفير التدريب اللازم للتمكن من فحص الدعاوي غير القابلة للتصديق، و(2) تزويد المرء بخلفية من المعلومات الأساسية الكافية لاتخاذ قرار مثل القرار بشأن أي الخبراء أثق به.

بعد أن فرغنا من كل هذا علينا أن نقر بأن هذه العملية، مع معرفتنا بالناس وهم على حالهم، لن تفي أبدا باختبارات صارمة للعقلانية والرشاد. إذ سنجد حتما بعضا من الناس يؤمنون بخبير بعينه ربما لأنه يرتدي رباط

عنق أنيقا، أو لأن الخبيرة ذات ابتسامة أرستقراطية. إن البشر، سواء الآن أو مســتقبلا، لــن يكونوا جميعا عقلانيين، فهذه حقيقــة مقررة منذ زمن طويــل في المنظومة القضائية. ومن ثم فإن أفضل شــيء نعمله هو تزويد المواطنــين بالأدوات اللازمة التــي يحتاجون إليها لإصدار الحكم بشــأن مسائل معقدة، ثم نبعد نحن عن طريقهم ونتركهم يختارون.

ولكن بعــض زملائي ينظرون بعدم ارتياح شــديد إلى هذه الفكرة. إذ يقولون «إذا كان هؤلاء الناس يعرفون ما أعرفه، فإنهم سيصلون إلى النتائج ذاتها التي وصلت أنت إليها». وأخشــى أن أقول: «إن الأمور لا تســير على هذا النحو». توضح خبرتي مثلا أن أغلبية من يعارضون استخدام الخلايا الجذعيــة الجنينية يعرفون تمــام المعرفة ما معنى خليــة جذعية، لكنهم وصلوا إلى نتيجة مخالفة ومختلفة عن أغلبية العلماء في الموضوع نفســه (بما في ذلك المؤلف). وختاما أقول إذا أردت الحياة في ظل الديموقراطية فعليــك قبول حقيقة واقعة، وهي أنك في وقت ما ســتُمنى بالهزيمة حين تصوِّت الأغلبية ضدك من دون اعتبار لِكَمّ التعليم الذي حصَّلته.

كلمة أخيرة

حاولت طوال صفحات الكتــاب أن أؤكد أهمية خلق مواطن على حظ من المعارف الأولية العلمية. وســواء، عزيزي القارئ، رأيت أن نهجي الذي عرضته آنفا هو النهج الصحيح الأولى بالاتباع أو لا، فإن الشــيء الذي لا خــلاف عليه هو أنه قد أزف الوقت، مــا يوجب علينا العمل من أجل هذه المسألة. وختاما أحسب أن كارل ساغان عبر عن هذا على نحو أفضل في الاقتباس الذي ختمنا به الفصل الثالث:

خططنــا لحضــارة كوكبية تعتمد أكثــر عناصرها حســما على العلم والتكنولوجيا. وخططنا كذلك لأمور بحيث لا أحد يفهم العلم والتكنولوجيا. وهذه وصفة لكارثة.

الهوامش

withe

الفصل الأول

(1) الاقتباس من:

J. Trefil, Reading the Mind of God (New York: Charles Scribners & Sons, 1989), p. 18.

(2) K. Boulding, The Image: Knowledge in Life and Society (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1956).

(3) حكم جون إي - جونز في قضية كيتزميللر ضد مجلس مدارس منطقة دوفر (20 ديسمبر 2005) متاح في الموقع التالي:

http://www.pamd.uscourts.gov/ kitzmiller/kitzmiller_342 .pdf.

الفصل الثالث

(1) C. Sagan, The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark (New York: Random House, 1995).

الفصل الرابع

(1) C. P. Snow, Two Cultures and the Scientific Revolution (Cambridge: Cambridge University Press, 1959).

(2) ف. ر. ليفز، الاقتباس من:

D. P. Barash, "C. P. Snow: Bridging the Two-Cultures Divide", The Chronicle of Higher Education, 52 (2005), B10-11.

(3) س. جونسون، الاقتباس من:

J. Boswell, Life of Samuel Johnson (Book 3).

الفصل الخامس

(1) T. Burnet, The Sacred Theory of the Earth, in Which Are Set Forth the Wisdom of God Displayed in the Works of the Creation, Salvation, and Consummation of All Things ...(London: T. Kinnersley, 1816).

(2) أ. إدينغتون، الاقتباس من:

A. V. Douglass, The Life of Arthur Stanley Eddington (London: Nelson, 1956),

وعلى الموقع:

http://www.groups.dcs. stand. ac .uk/~history/Biographies/Eddington.html.

(3) W. Wordsworth, "The Tables Turned: An Evening Scene On The Same Subject", The Complete Poetical Works (London: Macmillan, 1888; Bartieby. com, 1999).

متاح على موقع:

http://www.bartleby.com/145/ww137.html.

(4) W. Whitman, "When I Heard the Learn'd Astronomer", in Leaves of Graff (Philadelphia: David McKay, 1900; Bartleby.com, 1999).

متاح على موقع:

http://www.bartleby.com/142/180.html.

(5) W. Blake, "Milton," in D. H. S. Nicholson and A. H. E. Lee, (Eds.), The Oxford Book of English Mystical Verse (Oxford: Clarendon Press, 1917; Bartieby. com, 2000).

على موقع:

http://www.bartleby.com/236162.html.

(6) W Gilbert and A. Sullivan, "If You're Anxious to Shine", from Patience (New York: G. Shirmer, n.d.; original published in 1881).

(7) للحصول على تفسير مع صورة لهذا الرسم، انظر موقع نيودول:
http://www.brushwithscience.com/Spring2003/ LifeForms2003.html.

الفصل السادس

(1) J. Miller,"The measurement of civic scientific literacy", in Public Understanding of Science, 7, 203-223; and "Civic scientific literacy across the life cycle".

ورقة بحث مقدمة إلى الاجتماع السنوي للرابطة الأمريكية لتقدم العلم، سان فرنسيسكو، 2007.

(2) J. Miller, "Public understanding of science: Are Europeans better at it?".

ورقــة بحث مقدمة إلى الاجتماع الســنوي للرابطــة الأمريكية لتقدم العلم، سان فرنسيسكو، 2007.

الفصل السابع

(1) B. Franklin [R. Saunders, pseudo.], "How to secure Houses, &c. from Lightning", in Poor Richard Improved: Being an Almanack and

Ephemeris... for the Tear of our Lord 1753 (Philadelphia: B. Franklin and D. Hall, 1753).

متاح على موقع:

http://www.franklinpapers.org/franklin/fromedvolumes.jsp?vol=4&page=403a

الفصل الثامن

(1) H. Spencer, "What Knowledge Is of Most Worth", in Essays on Education, etc. (London: J. M. Dent and Sons, 1911).

(2) T. Huxley, "Science and Culture", in Science and Education (New York: P. F. Collier and Son, 1964/1880).

(3) A. de Tocqueville, Democracy in America (New York: Vintage Books, 1961/1835).

(4) D. C. Gilman, A Brief History of Jhu [Johns Hopkins University] (1876).

(5) المصدر نفسه.

(6) J. Dewey, "Symposium on the purpose and organization of physics teaching in secondary schools (part 13)", in School Science and Mathematics, 9 (1909), 291-292.

(7) المصدر نفسه.

(8) I. C. Davis, "The measurement of scientific attitudes", in Science Education, 79 (1935), 117-122.

(9) L. Hill, Hearings before the Committee on Labor and Public Welfare, United States Senate: Science and Education for National Defense (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1958).

(10) M. H. Shamos, The Myth of Scientific Literacy (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1995).

(11) J. Zacharias, quoted in J.L. Rudolph, "PSSC in Historical Context: Science, National Security, and American Culture During the Cold War".

متاح على موقع:

http://www.compadre.org/portal/pssc/docs/Rudolph.pdf.

(12) G. Seaborg, quoted in Koret Task Force on K-12 Education, Our Schools and Our Future.. Are We Still at Risk? (Stanford, CA: Hoover Institution Press, 2003).

متاح على موقع:

http://media.hoover.org/ documents/0817939210_3 .pdf

الفصل التاسع

(1) S. Rimer, "Harvard Task Force Calls for New Focus on Teaching and Not Just Research", New York Times, May 10, 2007.

الفصل العاشر

(1) P. Medawar, Pluto's Republic (New York: Oxford University Press, 1982).

(2) R. March, Physics for Poets (New York: McGraw-Hill, 1996).

الفصل الحادي عشر

(1) اتصال شخصي مع جون سيرل.

الفصل الثاني عشر

(1) H. Blackmun, in Daubertv. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc., 509 U.S. 579 (1993), Section II B.

متاح على الموقع:

http://caselaw.lp.findlaw.com/scripts/getcase.pl?court=us&vol=509&invol=579.

المؤلف في سطور

جيمس تريفيل

* أستاذ الفيزياء بجامعة جورج ماسون.
* تلقى تعليمه في جامعة إيلينوي.
* حاز منحة باحث مارشـــال للدراسة في جامعة أكسفورد بعد تخرجه في جامعة ستانفورد.
* ألف وشارك في تأليف نحو 40 كتابا.

من مؤلفاته: «قاموس المعارف الأولية الثقافية»، و«1001 شيء يحتاج كل امرئ إلى معرفتها عن العلم»، و«طبيعة العلم: المرشـــد من الألف إلى الياء»، و«هل نحن بلا نظير»، و«عالم يستكشف العقل البشري».

* شغل منصب المستشار العلمي في كثير من المؤسسات الإعلامية.
* معني بتبسيط العلم وجعله عنصرا أساسيا في الثقافة العامة كشرط للأداء الديموقراطي الصحيح.
* يعيش الآن في فرجينيا.

المترجم في سطور

شوقي جلال

* من مواليد 30 أكتوبر 1931 - القاهرة.
* عضـــو المجلس الأعلى للثقافـــة في القاهرة - لجنـــة الترجمة، منذ 1989م.
* عضو المجلس الأعلى للمعهـــد العالي العربي للترجمة، جامعة الدول العربية، الجزائر.

* عضو المجلس الأعلى للثقافة في القاهرة - لجنة قاموس علم النفس في السبعينيات.
* حاصل على جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي - فرع الترجمة 1985م.
* لـــه ثلاثة عشـــر مؤلفا، من بينها: أركيولوجيا العقـــل العربي، التراث والتاريخ، الفكر العربي وسوسيولوجيا الفشل، المجتمع المدني وثقافة الإصـــلاح: رؤية نقديـــة للفكر العربي، الترجمة فـــي العالم العربي: الواقع والتحدي.
* لـــه أوراق بحـــث في نـــدوات ومؤتمرات ومقالات ثقافيـــة فكرية في الصحف والمجلات العربية.
* له أكثر من 50 كتابا مترجما منها: المســـيح يصلب من جديد (رواية، نيكوس كازانتزاكس)، الثقافات وقيم التقدم (مجموعة من العلماء)، فكرة الثقافة (تأليف تيري إيغلتون).
* ترجم لسلســـلة «عالم المعرفة» عددا من الكتب منها: أفريقيا في عصر التحول الاجتماعي، بنية الثورات العلمية، تشكيل العقل الحديث، لماذا ينفرد الإنســـان بالثقافة؟، بعيدا عن اليســـار واليمين، التنمية حرية، جغرافية الفكر، الثقافة والمعرفة البشرية، والتنوير الآتي من الشرق.
* راجع ترجمة عدد من كتب السلسلة أيضا.

سلسلة عالَم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - دولة الكويت - وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير العام 1978.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة:

1 - الدراسات الإنسانية: تاريخ ـ فلسفة - أدب الرحلات - الدراسات الحضارية - تاريخ الأفكار.

2 - العلوم الاجتماعية: اجتماع - اقتصاد - سياسة - علم نفس - جغرافيا - تخطيط - دراسات استراتيجية - مستقبليات.

3 - الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي - الآداب العالمية - علم اللغة.

4 - الدراسات الفنية: علم الجمال وفلسفة الفن - المسرح - الموسيقى - الفنون التشكيلية والفنون الشعبية.

5 - الدراسات العلمية: تاريخ العلم وفلسفته، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) ـ الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم)، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة إلى نشر الأعمال الإبداعية ـ المترجمة أو المؤلفة ـ من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

وتحرص سلسلة «عالم المعرفة» على أن تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على ألا يزيد حجمها على 350 صفحة من القطع المتوسط، وأن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته

وأهميتــه ومدى جدته. وفي حالة الترجمة ترســل نســخة مصورة من الكتاب بلغته الأصليــة، كما ترفق مذكرة بالفكرة العامة للكتاب، وكذلك يجب أن تدوّن أرقام صفحات الكتاب الأصلي المقابلة للنص المترجم على جانب الصفحة المترجمة، والسلســلة لا يمكنها النظر في أي ترجمة ما لم تكن مستوفية لهذا الشــرط. **والمجلس غير ملزم بإعادة المخطوطات والكتب الأجنبية في حالة الاعتذار عن عدم نشرها**. وفي جميع الحالات ينبغي إرفاق ســيرة ذاتية لمقترح الكتاب تتضمن البيانات الرئيســية عن نشاطه العلمي السابق.

وفــي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع ـ المؤلف أو المترجم ـ تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألف وخمســمائة دينار كويتي، وللمترجم مكافأة بمعدل عشــرين فلســا عن الكلمــة الواحدة في النــص الأجنبي، أو ألف ومائتي دينار أيهما أكثر (وبحد أقصى مقداره ألف وستمائة دينار كويتي)، بالإضافة إلى مائة وخمســين دينــارا كويتيا مقابل تقــديم المخطوطــة ـ المؤلفـة والمترجمـة ـ من نسختين مطبوعتين.

على القراء الذين يرغبون في استدراك ما فاتهم من إصدارات المجلس التي نشرت بدءا من سبتمبر 1991، أن يطلبوها من الموزعين المعتمدين في البلدان العربية:

الكويت:
شركة المجموعة الكويتية للنشر والتوزيع
الشويخ – المنطقة التجارية الحرة – شارع
الموفنبيك – مبنى D14 – الدور الأول
ص. ب 29126 – الرمز البريدي 13150
ت: 24613535 – فاكس 24613536

الإمارات:
شركة الإمارات للطباعة والنشر والتوزيع
دبي، ت: 97142666115 – فاكس: 2666126
ص. ب 60499 دبي

السعودية:
الشركة السعودية للتوزيع
الإدارة العامة – شارع الملك فهد (الستين سابقا)
– ص. ب 13195 – جدة 21493 ت 6530909 –
فاكس 6533191

سورية:
المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات
سورية – دمشق ص. ب 12035 (9631)
ت 2127797 ـ فاكس 2122532

مصر:
دار الأخبار
6 ش الصحافة ـ الجلاء ـ القاهرة
ت 0020225806400 – فاكس 0020225782632

المغرب:
الشركة العربية الأفريقية للتوزيع والنشر
والصحافة (سبريس)
70 زنقة سجلماسة الدار البيضاء
ت 22249200 ـ فاكس 22249214 (212)

تونس:
الشركة التونسية للصحافة – تونس – ص. ب 4422
ت 322499 ـ فاكس 323004 (21671)

لبنان:
شركة الشرق الأوسط للتوزيع
ص. ب 11/6400 بيروت 11001/2220
ت 487999 ـ فاكس 488882 (9611)

اليمن:
القائد للتوزيع والنشر – ص. ب 3084

الأردن:
وكالة التوزيع الأردنية
عمان ص. ب 375 عمان – 11118
ت 5358855 ـ فاكس 5337733 (9626)

البحرين:
مؤسسة الهلال لتوزيع الصحف
ص. ب 224/ المنامة – البحرين
ت 294000 – فاكس 290580 (973)

عُمان:
المتحدة لخدمة وسائل الإعلام
مسقط ص. ب 3305 – روي
الرمز البريدي 112
ت 700896 و788344 ـ فاكس 706512

قطر:
دار الشرق للطباعة والنشر والتوزيع
الدوحة ص. ب 3488 – قطر
ت 4661695 ـ فاكس (974) 4661865

فلسطين:
وكالة الشرق الأوسط للتوزيع
القدس/ شارع صلاح الدين 19 – ص. ب
19098 ت 2343954 – فاكس 2343955

السودان:
مركز الدراسات السودانية
الخرطوم ص. ب 1441 ـ ت 488631 (24911)
فاكس 362159 (24913)

نيويورك:
MEDIA MARKETING RESEARCHING
25 - 2551 SI AVENUE LONG ISLAND CITY
NY - 11101 TEL: 4725488 FAX: 1718 - 4725493

لندن:
UNIVERSAL PRESS & MARKETING LIMITED
POWER ROAD. LONDON W 4SPY.
TEL: 020 8742 3344 - FAX: 2081421280

تنويــه

للاطــلاع على قائمــة كتب السلســلة انظر عدد ديســمبر (كانون الأول) من كل ســنة، حيث توجد قائمة كاملة بأســماء الكتب المنشورة في السلسلة منذ يناير 1978.

قسيمة اشتراك في إصدارات
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

البيان	سلسلة عالم المعرفة		الثقافة العالمية		عالم الفكر		إبداعات عالمية		جريدة الفنون	
	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار
مؤسسات داخل الكويت	25		12		12		20		12	
أفراد داخل الكويت	15		6		6		10		8	
مؤسسات دول الخليج العربي	30		16		16		24			36
أفراد دول الخليج العربي	17		8		8		12			24
مؤسسات خارج الوطن العربي		100		50		40		100		48
أفراد خارج الوطن العربي		50		25		20		50		36
مؤسسات في الوطن العربي		50		30		20		50		36
أفراد في الوطن العربي		25		15		10		25		24

الرجاء ملء البيانات في حالة رغبتكم في: تسجيل اشتراك ☐ تجديد اشتراك ☐

الاسم:

العنوان:

اسم المطبوعة: مدة الاشتراك:

المبلغ المرسل: نقدا/شيك رقم:

التوقيع: التاريخ: / / ٢٠م

تسدد الاشتراكات والمبيعات مقدما نقدا أو بشيك باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، مع مراعاة سداد عمولة البنك المحول عليه المبلغ في الكويت، ويرسل إلينا بالبريد المسجل.

المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص.ب 23996 الصفاة - الرمز البريدي 13100
دولة الكويت
بدالة: 22416006 (00965) - داخلي: 196 / 195 / 194 / 193 / 153 / 152

هذا الكتاب

نحو مواطنين مثقفين علميا...

يُعنى هذا الكتاب بتعليم العلم لغير المشتغلين بالعلم، ويهدف إلى تحسين الرصيد القومي من المواطنين ذوي الكفاءة والأهلية لممارسة الديموقراطية، ومناقشة القضايا القومية، تأسيسا على فهم علمي للقضايا والعالم من حولنا. فالديموقراطية لا تستقيم في مجتمع تسوده أمية علمية، بينما نواجه قضايا قومية وعالمية تكتسب - أكثر فأكثر - أبعادا علمية وتقنية. والسؤال هو: كيف نخلق مواطنين قادرين على ممارسة حقهم الديموقراطي بكفاءة، والمشاركة الإيجابية الواعية بفضل الثقافة العلمية؟

يناقش هذا الكتاب طبيعة العلم: ما هي؟ ما الثقافة العلمية؟ ما الثقافة التي ليست علما؟ كيف نمحو الأمية الثقافية العلمية؟ العلم بوصفه أحد المكونات الأساسية للثقافة، وكيف أن الفهم العلمي للإنسان والطبيعة والعالم والكون من حولنا يعد إضافة جوهرية إلى استمتاعنا الجمالي بالحياة وبالعالم الذي نعيش فيه.

كما يتناول الكتاب العلاقة بين العلم والتكنولوجيا، تاريخ تعليم العلم، لماذا تخلف تعليم العلم في أمريكا (وليس العالم العربي)؟ تعليم العلم والأمن القومي، الحاسوب (الكمبيوتر) والتغير الجذري في منهج ممارسة العلم.

وأخيرا يقدم الكتاب مخططا عاما لتعلم الثقافة العلمية تأسيسا على عدد من الأفكار الكبرى التي تمثل الهيكل العام للنظرة العلمية إلى العالم في وحدة متكاملة، وتشكل أساسا فكريا للتعليم العام في مجال العلم.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 301 - 9
رقم الإيداع (2010/019)